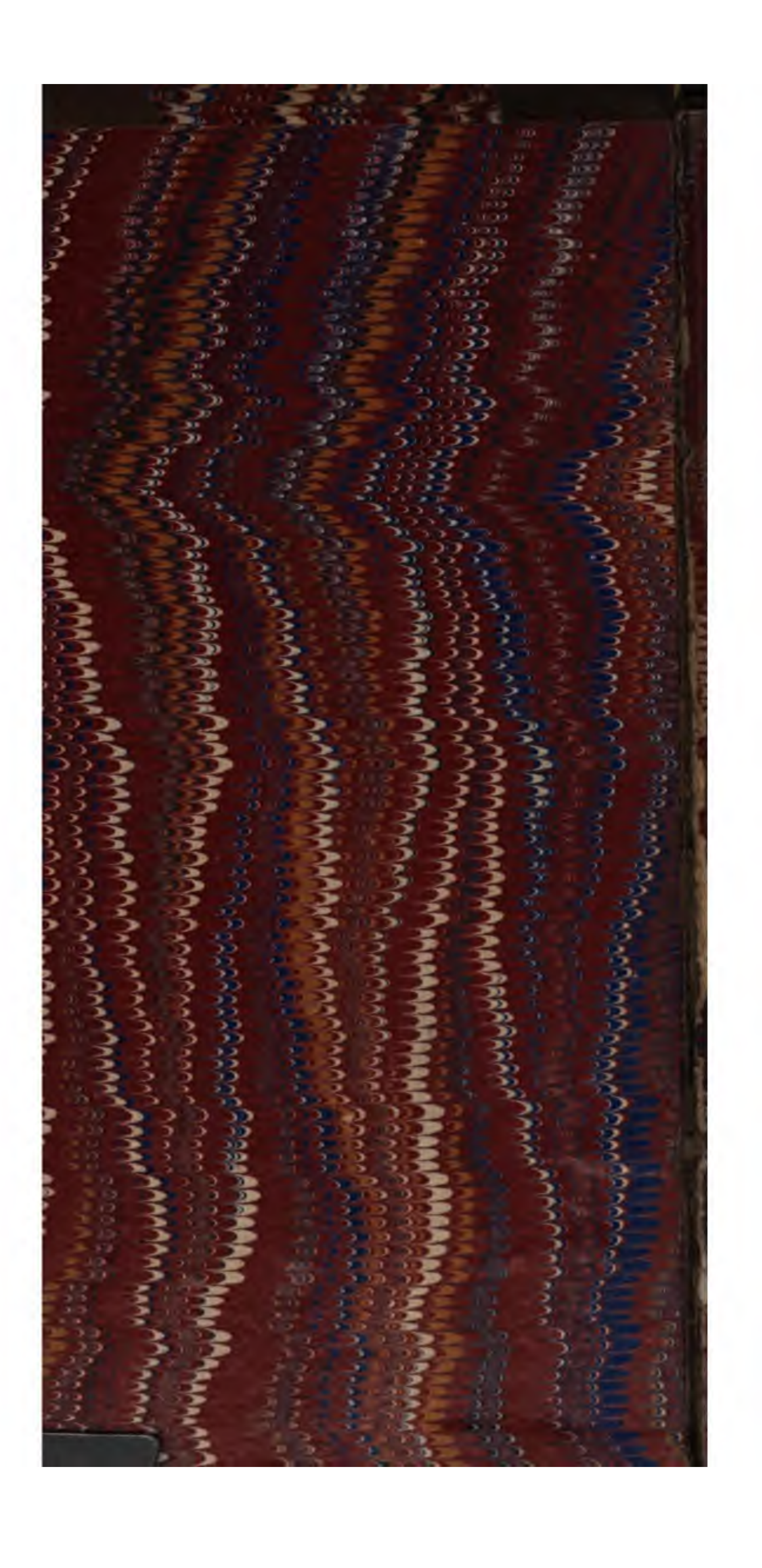
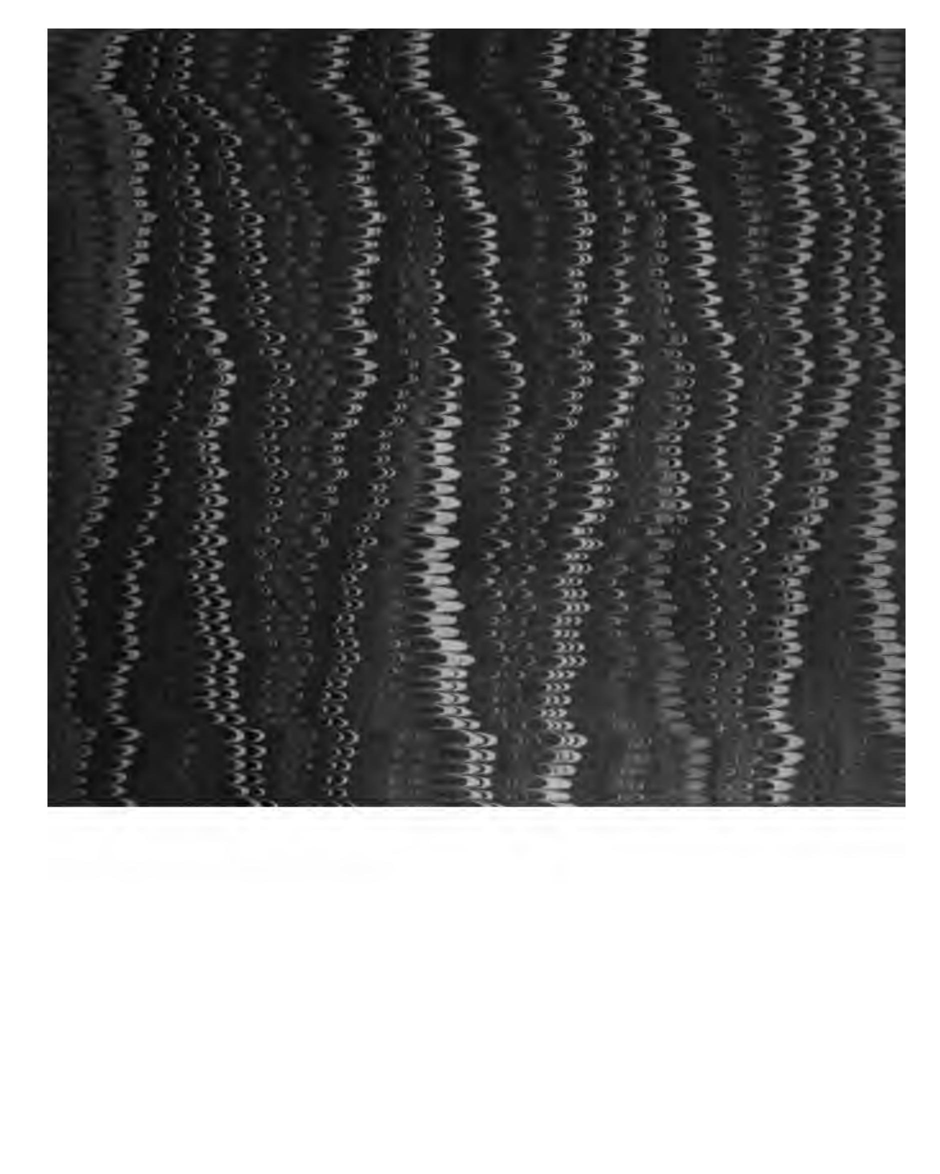








350,–

12075

Physiologische Briefe

für

Gebildete aller Stände.

Physiologische Briefe

für

Gebildete aller Stände

von

Carl Vogt.

Vierte vermehrte und verbesserte Auflage.

Gießen, 1874.
J. Ricker'sche Buchhandlung.

Einleitung zur ersten Auflage.

Ein eigener Geist weht durch die Naturforschung unserer Tage. Wer so das Leben und Treiben innerhalb des großen Bienenhauses in der Nähe ansieht, der erstaunt ob des geschäftigen Brummens, des rastlosen Eifers der Arbeitenden, wie sie Honig und Wachs von allen Seiten herzutragen, einander drängen und stoßen, oft sogar sich gegenseitig ereifern und den Platz streitig machen. Dort erobert sich Einer eine Zelle, die er allein ausbauen will; hier führen ein paar Andere gemeinschaftlich ein Stück Wabe aus; diese schwitzen als Handlanger, jene ordnen als Baumeister, und nirgends scheint noch für kommende Kräfte Raum. Und die Hälfte dieser Zellen sind schadhaft, die einen unausgebaut, die anderen verlassen, jene wieder übermäßig ausgedehnt und der Beschauer mit Loupe und Vergrößerungsglas verliert sich unter den Einzelheiten all; er weiß nicht, wohin das Gewirre und Getreibe führen soll und geht kopfschüttelnd von dannen. In einiger Entfernung aber dreht er noch einmal sich um und nun gewahrt er die künstliche Anordnung der Waben, die sinnige Benutzung des angewiesenen Platzes, die regelrechte Verfolgung eines gewissen, vorgesteckten Planes. In ähnlicher Weise treiben die Naturwissenschaften vorwärts. Anhäufung unendlichen Materials von allen Seiten her und Anerkennung

dieses Strebens nach Mehrung unserer positiven Kenntnisse bilden den wesentlichen Theil der Förderungen, welche sie erhalten; aber gewisse Zielpunkte geben sich überall kund, nach welchen man strebt, um welche man, als Centren, die Massen zu gruppiren sucht. Gerade das Aufstecken solcher Zielpunkte, das Ordnen der neu zu beginnenden Untersuchung ist es, welches das naturwissenschaftliche Streben unserer Zeit auszeichnet, und es kann nur der Ausdruck einer allgemein verbreiteten Ueberzeugung sein, wenn ein berühmter Chemiker sagt: „Jede naturwissenschaftliche Arbeit, welche einigermaßen den Stempel der Vollendung an sich trägt, läßt sich im Resultate in wenig Worten wiedergeben. Allein diese wenigen Worte sind unvergängliche Thatsachen, zu deren Auffindung zahllose Versuche und Fragen erforderlich waren; die Arbeiten selbst, die mühsamen Versuche und verwickelten Apparate fallen der Vergessenheit anheim, sobald nur die Wahrheit ermittelt ist; es sind die Leitern, die Schachte und Werkzeuge, welche nicht entbehrt werden konnten, um zu dem reichen Erzgange zu gelangen; es sind die Stollen und Luftzüge, welche die Gruben von Wassern und bösen Wettern frei halten. Eine jede, auch die kleinste Arbeit, wenn sie auf Beachtung Ansprüche macht, muß heut zu Tage diesen Charakter an sich tragen; aus einer gewissen Anzahl von Beobachtungen muß ein Schluß, gleichgültig, ob er viel oder wenig umfasse, gezogen werden können."

Sind wir mit der Physiologie so weit gekommen, daß wir diese Worte auch auf uns anwenden können? Haben wir die Gesetze des Lebens so weit erforscht, daß wir sagen können, wir besitzen sichere Resultate? Die Antwort auf eine solche Frage ist schwer. Bejahung könnte für Uebermuth, Verneinung für Mißachtung des Geschehenen gehalten werden.

Die Aufgabe der Physiologie ist verwickelter, als die irgend einer anderen Wissenschaft. Ist ja doch der Organismus an sich, sei er nun pflanzlich oder thierisch, und vor Allem der letztere, das Meisterstück des schöpferischen Gedankens, und seine Existenz, sein Leben nur durch das Zusammenwirken der mannigfachsten

Kräfte möglich. Die kunstreiche Anordnung des menschlichen Körpers im Aeußern wie im Innern, die Menge der verschiedenen Organe, welche wir an ihm sehen, das harmonische Ineinandergreifen seiner Muskeln, Gefäße und Nerven erscheinen noch als rohe Verhältnisse, wenn man mit dem Mikroskope in die Geheimnisse der Structur unserer Körpertheile eindringt, wenn man die tausend und aber tausend Fäden untersucht, aus denen ein einziger Muskel, eine dünne Sehne gewebt ist, wenn die Millionen Kügelchen und Zellen der Oberhäute und Flüssigkeiten vor das erstaunte Auge treten, und in allen diesen kleinsten Theilen, deren Einzelnheiten oft selbst unsern vervollkommneten Instrumenten entgehen, eine Gesetzmäßigkeit des Baues, eine innere Zweckmäßigkeit erkannt wird, die bei dem Untersucher, der ihr gegenüber tritt, nur das Gefühl seiner Ohnmacht zurücklassen kann. Es ist wohl schon manchem begegnet, daß er kleinmüthig Messer und Loupe auf die Seite gelegt und seufzte : All unser Streben ist eitel und unser Wissen Stückwerk!

Indeß wenn auch Einzelne unter den Schwierigkeiten gebeugt werden, so sind diese doch für die Forscher im Ganzen mehr Reize zu größeren Anstrengungen. Nach allen Seiten hin sieht man sich um Hülfe in anderen Wissenschaften um, und diese sind dann auch nicht karg, sie überall zu gewähren, wo sie vernünftiger Weise gefordert werden kann. Es hat der Physiologie unendlich viel Schaden gebracht, daß sie sich abschließen wollte, daß sie behauptete, das Leben kenne die Gesetze der organischen Natur nicht; es könne nur aus sich selbst und durch sich selbst begriffen werden. Mit solchen Ansichten war ferneren Fortschritten die Bahn abgeschnitten, denn wo man auf eine unerklärliche Thatsache, eine räthselhafte Erscheinung stieß, da war gleich die Eigenthümlichkeit der Lebenskraft, das unerforschliche Walten des organischen Lebens da, um die Wißbegierde aufzuhalten und ihr zu sagen : begnüge dich damit, daß das organische Leben nur seine eigenen Gesetze kennt. Erst seitdem man diese Richtung verlassen und angefangen hat, überall zuerst die Erscheinungen aus den analogen der anorganischen Natur zu erklären, und die

Gesetze, welche in dieser letzteren gelten, auch in den Erscheinungen des organischen Lebens aufzusuchen sich bestrebt, erst seit dieser Zeit hat die Physiologie wahrhafte Fortschritte in der Richtung gemacht, die wir oben bezeichneten. Und weit davon entfernt, in einen todten Mechanismus zu verfallen, wie man der neueren physiologischen Richtung so oft vorwarf, ist sie es gerade, welche uns zu der tiefsten Ehrerbietung vor den im organischen Reiche herrschenden schöpferischen Gedanken zwingt. Wahrlich, wenn man dem Spiele der auf so einfache Art angewendeten Kräfte seine Aufmerksamkeit widmet, wenn man sieht, wie die Gesetze, welche die Bewegung des Weltalls und seiner Gestirne regieren, auch bei unseren Bewegungen ihre Anwendung finden, wie alle Ressourcen, die nur erdacht werden können, mit unendlicher Weisheit an der Maschine des Organismus angebracht sind, dann wird man zur Verehrung des Planes hingerissen, der so folgerecht aus den einfachsten Ursachen die herrlichsten Wirkungen zu entwickeln vermag.

Diesen einfachen Kräften und ihrem Spielraume in dem Organismus nachzuspüren ist die Aufgabe der Physiologie, der Lehre vom Leben. Zu ihrer Erforschung wendet sie theils die Beobachtung, theils den Versuch an, und jeder Fortschritt in den hülfreichen Doctrinen kann nicht ohne Rückwirkung auf die physiologische Wissenschaft bleiben. Der Physik entlehnt sie die Erklärung der Bewegungen, der Sinneseindrücke. Bei ihr findet sie die Gesetze des Pendels, nach welchen unsere in Bewegung gesetzten Glieder schwingen; bei ihr die Statik des Hebels, auf welcher die Erklärung der Bewegung unserer Knochen beruht. Bei der Physik holen wir uns Rath über die mechanische Seite des Kreislaufes, über die Thätigkeit des Herzens, der Gefäße; von dort aus erhalten wir unsere Resultate über die optischen Gesetze des Auges, die akustischen Einrichtungen des Gehör- und Stimmorganes. Der Physik verdanken wir die wichtigen Thatsachen über die Anwendung des luftleeren Raumes bei der Construction unserer Gelenke. Die Chemie öffnet noch ein weiteres Feld der Untersuchung. Verdauung und Aufsaugung, Ernährung,

Absonderung und Athmung, alle vegetativen Processe im Allgemeinen, welche die Erhaltung des Individuums bezwecken, alle diese Prozesse gehören dem Chemiker als gemeinschaftliches Gebiet an und können nur mit seiner Beihülfe erläutert und verstanden werden.

Den bedeutendsten Einfluß indeß hat das morphologische Studium der Organismen. Anatomie und Physiologie gehen mit einander Hand in Hand; die eine kann keinen Schritt vorwärts thun, ohne daß ihn die andere mit macht. Allein nicht bloß die äußeren Verhältnisse der Lage, Gestalt und Verbindung der Theile unter einander kann dem Physiologen genügen. Der ganze Körper muß nicht nur für ihn, wie für den guten Chirurgen, durchsichtig sein, so daß er die Lage der Theile kennt, er muß den Körper auch in seinen kleinsten Theilen vergrößert vor Augen sehen, um einem jeden Blutkörperchen auf seinem Wege folgen und einer jeden Nervenfaser in ihren Schlingenzügen nachgehen zu können. Nur wenn er auf diesem Punkte steht, nur dann kann er sich zu wirklich freier Anschauung der durch die morphologischen Verhältnisse bedingten Umstände erheben. Man hat das Mikroskop viel und oft verdächtigt; man hat auf die Streitigkeiten hingewiesen, welche bei gewissen Untersuchungen entstanden, und namentlich diejenigen, welche keinen Begriff von dem Instrumente und seiner Behandlung hatten, schrieen am ärgsten ihr Verdammungsurtheil in die Welt hinein. Und dennoch wäre ohne dies unschätzbare Instrument unsere ganze heutige Physiologie noch nicht einmal geboren, geschweige denn in fröhlichem Wachsthum. Es giebt freilich nichts Vollkommenes auf Erden; allein wenn wir falsch sehen, so liegt dies nicht an dem unschuldigen Glase, sondern an uns selbst und an unserer Interpretation des Gesehenen. Wie mancher bittere Streit ist nicht über Dinge entstanden, die nur mit den natürlichen Augen untersucht waren und wo dennoch die größten Beobachtungsfehler mit unterliefen. Sollen wir deshalb unsere Augen als unbrauchbar ausreißen oder wegwerfen?

Nicht minderen Eifer, als das Mikroskop unter den älteren Bekennern der Wissenschaft, haben oft die physiologischen Versuche in dem Publikum erregt, und es giebt wohl wenig Universitätsstädte, wo nicht der Professor der Physiologie die Angriffe der Anti-Thierqualvereine oder ihrer stillschweigenden Verehrer auszuhalten gehabt hätte. Der physiologische Versuch ist der nothwendige Prüfstein unserer Ansichten, und die Gewandtheit im Experimentiren, die ein wesentliches Bedingniß für das Gelingen des Versuches ist, wird nur durch häufige Uebung errungen. Die Anstellung von Versuchen und Vivisectionen ist demnach dem wissenschaftlich thätigen Physiologen eben so unbedingt nöthig, als dem Astronomen das Betrachten des Himmels. Freilich hat man dieses Bedürfniß an einigen Orten ins Luxuriöse getrieben; wohl mancher wird sich erinnern, gewissen Vorlesungen in Frankreichs Hauptstadt beigewohnt zu haben, wo nach der Stunde der Professor von Dutzenden verstümmelter Thierleiber umgeben war und wo die Stärke des Beweises nach der Zahl der Schlachtopfer, die er gekostet, abgeschätzt wurde. Wir haben uns glücklicher Weise in Deutschland von solchen Extremen fern gehalten und wir benützen als Herren der Schöpfung unser Recht oder Unrecht über die Thiere mit mehr Mäßigung. Nichts desto weniger erkennen wir, namentlich für die nur während des Lebens statthabenden Processe der Nervenwirkungen und des Blutlaufes, den Versuch, die Section und die Untersuchung lebender Thiere als eine unentbehrliche klare Quelle unserer Kenntnisse an.

Zwar springt uns eine solche auch in der Pathologie, in der Betrachtung der krankhaften Zustände des menschlichen Körpers; — allein leider fließt sie meist nur trübe. Man sollte glauben, es sei nichts leichter, als das Ziehen klarer physiologischer Schlüsse aus den krankhaften Erscheinungen. Man beobachtet diese oder jene Abweichung von dem Normalzustande, man entdeckt, welches Organ des Körpers dabei angegriffen und verletzt ist; — was natürlicher als nun zu schließen, daß die abnorme Function auch dem abnormen Organe angehöre? Allein die Natur stellt ihre Experimente nicht rein an, sie greift mehre Organe

zugleich an oder, wenn nur ein einzelnes vorzugsweise leidet, so wird durch die Organisation des Körpers an sich schon das Ganze in Mitleidenschaft gezogen. Es giebt ein einziges Feld in der Physiologie, wo wir einzig und allein auf die aus der Pathologie zu entnehmenden Thatsachen angewiesen sind. Dies ist die Frage über den Zusammenhang der Gehirntheile mit den Geistesthätigkeiten; eine Frage, die man unheilvoller Weise durch die sogenannte Phrenologie ihrem wissenschaftlichen Standpunkte entrückt und in das Gebiet des Charlatanismus hinüber gepflanzt hat. Den Einfluß des Gehirnes und seiner einzelnen Theile auf die Functionen des Körpers können wir auch an Thieren untersuchen; allein ein Hund, ein Kaninchen giebt uns keinen Aufschluß über die Veränderungen, welche in seinen geistigen Fähigkeiten vorgehen, nachdem man ihm diesen oder jenen Hirntheil weggenommen hat. Dies könnte einzig nur der Mensch und an dem darf nur die Natur allein experimentiren. Hirnkrankheiten, organische Fehler des Seelenorgans sind nicht selten, sie werden häufig von den Aerzten beobachtet; allein den Sitz der Desorganisation kann man nur an den krankhaften Erscheinungen erkennen, welche sich im Körper zeigen, an den Lähmungen der einzelnen Körpertheile, niemals an den vorkommenden Störungen der Geistesfunctionen. Wir wissen durchaus nichts Positives, absolut Nichts über die Beziehung der einzelnen Gehirntheile zu den Geistesthätigkeiten; in dem einzigen Punkte, wo die Pathologie auf sich selbst angewiesen war, hat sie nichts geleistet. Darf man sich wundern, wenn der Physiologe nur mit Mißtrauen sich ihrer bedient?

Auf solchen Stützen nun, theils wankenden, theils sicheren, ruht das Gebäude der Physiologie. Wir haben uns hier die Aufgabe gestellt es zu durchwandern. Allein schon der größeren Zimmer findet sich eine Legion; der kleinen dunkeln Kämmerchen nicht zu gedenken, die überall zerstreut sich anbauen. Sie alle zu besuchen ist eine Unmöglichkeit, noch weniger dürfen wir daran denken, den Schmuck der Zimmer, ihre mehr oder minder reiche Ausstattung, uns näher ins Auge zu fassen. Ein Menschenleben würde hierzu nicht hinreichen.

Ich habe versucht, in den nachfolgenden Briefen den Stand unserer Wissenschaft mit einzelnen skizzenartigen Zügen zu zeichnen. Nur die fester begründeten Resultate, nur die, so viel wir bis jetzt beurtheilen können, wahren Thatsachen durften hier eine Stätte finden und subjective Ansichten mußten so viel möglich in den Hintergrund gestellt werden. Die Art und Weise der Auffassung freilich wird für einen Jeden eine andere sein; namentlich werden die aus den Thatsachen zu ziehenden allgemeinen Schlüsse über Leben und Lebenskraft stets, je nach der Individualität des darüber Nachdenkenden, bei aller Anerkennung des Thatsächlichen, oft sehr bedeutend abweichen. Es ist unsere Sache nicht, diesem Urtheile der Einzelnen vorzugreifen. Wir stehen vor dem Geschwornengerichte der öffentlichen Meinung, wo unsere Thatsachen mit mehr oder minderem Scharfsinne gewogen und abgeurtheilt werden. Freilich gelingt es manchmal durch glänzende Beredsamkeit oder andere bestechende Mittel, diese öffentliche Meinung zu gewinnen; allein lange Zeit hält solche Täuschung nicht an. Die Wissenschaft, sollte man sich auch hinter den Wällen einer todten Sprache verschanzen, bringt doch allmählich in die große Menge ein und man wird bei aufmerksamer Betrachtung stets finden, daß diese sich über alle größeren wissenschaftlichen Fragen ihre eigenthümliche unabhängige Ansicht bildet. Deshalb habe ich auch nicht, wie es sonst wohl der Brauch ist, allgemeine Grundbegriffe und Ansichten über die Wissenschaft der Physiologie vorausschicken mögen. Daß die Physiologie sich mit dem Leben des Menschen und mit dessen Erscheinungen befaßt und zwar vorzüglich das leibliche Leben im Auge behält, dies lehrt schon die Bedeutung des Wortes; was das Leben sei und warum der Organismus lebe, das kann nicht von vornherein begriffen werden, sondern so wie das Leben erst das Resultat aller einzelnen Functionen der Körpertheile ist, so muß auch seine Kenntniß erst aus derjenigen aller einzelnen Verrichtungen hervorgehen.

Um die Darstellung, welche für ein größeres Publikum berechnet sein sollte, so sehr als möglich im objectiven Felde

zu halten, habe ich vermieden, Namen als Gewährsmänner der Thatsachen oder Ansichten anzuführen. Die Autoritäten haben nicht mehr das Gewicht wie früher; eine Thatsache gilt heut zu Tage nicht deshalb, weil sie von diesem oder jenem Forscher ist aufgefunden worden, sondern darum weil sie wahr ist. Was auch hätte es geholfen, wenn ich hinter jedem Satze fast eine Reihe von Namen aufgeführt? Von Bär, Ch. Bell, Burdach, Edwards, Henle, Kürschner, Liebig, J. Müller, Magendie, Purkinjé, Tiedemann, Valentin, R. Wagner — alle diese Namen klingen überall in der Wissenschaft mit, wo man auch anklopfen möge; es sind die treuen Bergleute, welche mit Mühe und Schweiß, ja mit Hintansetzung ihrer Gesundheit das reine Gold aus den Schachten der Bergwerke hervorgeholt haben. Sollen wir die große Menge darum schelten, daß sie meist erst bei der Todesnachricht sich an ihre Koryphäen der Wissenschaft erinnert, und daß sie sie unter dem Drange der Zeitumstände schneller vergißt, als diejenigen, welche unmittelbareren Einfluß auf die Weltbegebenheiten hatten? Es mag genügen, die Namen einmal genannt zu haben; — stehen sie doch in dem goldenen Buche der Wissenschaft mit unauslöschlichen Zügen.

C. V.

Zur zweiten Auflage.

Zehn Jahre sind verflossen, seit ich die Worte schrieb, welche populären Briefen über die Physiologie zur Einleitung dienen sollten, über deren Veröffentlichung die Redaction der allgemeinen Zeitung mit mir übereingekommen war. Die Arbeit wurde zu umfangreich und die Verlagshandlung beschloß sie als eigenes Werk herauszugeben, das, wenn ich mich nicht sehr täusche, mit vielem Beifalle aufgenommen wurde. Denn schon im Jahre 1847 wurde ich zur Vorbereitung einer neuen Auflage aufgefordert, deren Erscheinen indeß sich bis jetzt durch äußere Umstände verzögerte. Die Wissenschaft hat seit dieser Zeit nach allen Richtungen hin anerkennenswerthe Fortschritte gemacht. Dieselbe Thätigkeit, deren ich oben erwähnte, setzte sich vielleicht mit noch größerer Intensität fort, da die Fragen, je weiter man ins Einzelne dringt, um so schwieriger, die Beantwortung um so verwickelter wird. Von den Trägern der Wissenschaft, die ich damals nannte, wirken noch Einige in ungeschwächter Kraft fort, Andere sind gestorben, noch Andere verdorben. Ob in Folge der allgemeinen Erscheinung der rückschreitenden Metamorphose im höheren Alter, oder durch Einwirkung geistiger Fäulniß-Erreger von außen, will ich nicht weiter untersuchen. Eine Menge neuer Kräfte sind aufgetaucht, und namentlich hat die

physikalische Schule auf den beschwerlichsten Wegen oft bedeutende Strecken zurückgelegt. Jeder Schritt vorwärts, der dort mit dem Mikroskope, hier mit der Wage oder der Magnetnadel in der Hand gethan wird, erhellt ein Stück des Dunkels, welches sich vor die geheimnißvollen Kräfte lagert, die man wie der Fürchtende die Gespenster deshalb annimmt, weil man sie nicht sieht und nicht sehen kann.

Das Verdienst dieses Werkchens, wenn es überhaupt welches hat, kann weder in der genauen Aufzählung sämmtlicher Thatsachen, noch in der gleichmäßigen Durchdringung des Stoffes liegen. Wenn ich auch gesucht habe, so viel möglich ein Bild des Lebensprocesses im Ganzen zu geben, so mußte dieser Versuch doch deshalb unvollkommen bleiben, weil die Voraussetzungen, die ich mir von meinem Publikum machte, dadurch weit überschritten wurden. In der ursprünglichen Naivität, in welcher ich zuerst diese Briefe schrieb, hatte ich kaum eine Ahnung davon, in welche Kreise sie eindringen würden. Ich wurde, oft zu meinem nicht geringen Erstaunen, hie und da durch Fragen belehrt, daß Mancher sich zu ihrem Verständniß abgemüht hatte, auf dessen geringe Vorkenntnisse ich wenig Rücksicht genommen. Unterdessen hat sich die Grundlage, auf welcher diese Briefe wurzeln, in größere Breite und Tiefe ausgedehnt. Die Naturwissenschaften haben in allen Zweigen Bearbeiter gefunden, welche die Wahrheiten in einfacher Sprache so darzustellen suchten, daß sie auch ohne höhere Vorbildung begriffen und anerkannt werden konnten. Man ist auf diese Weise an die Behandlung solcher wissenschaftlichen Gegenstände gewöhnt worden. Man hat sich nach und nach die Schlußfolgerungen angeeignet, welche aus den Thatsachen mit innerlicher Nothwendigkeit abgeleitet werden müssen. Man erschrickt nicht mehr, wenn diese Schlußfolgerungen zu einer Erkenntniß führen, die mit der jetzigen Welteinrichtung in schneidendem Gegensatze steht.

Die Grundsätze, welche auf der genauen Erforschung der Thatsachen und der daraus abgeleiteten Naturgesetze beruhen, haben seit dem Erscheinen der ersten Auflage keine Aenderung

erlitten. Sie sind nur durch die Fülle neuen Stoffes, welcher von allen Seiten herangebracht wurde, neu gekräftigt und stärker gestützt worden. Derjenige, der sich die Mühe nehmen will, früher und jetzt Gegebenes zu vergleichen, wird trotz gegnerischer Behauptung finden, daß nichts in dieser Hinsicht geändert wurde; daß vielmehr das Ziel, welches schon damals gesteckt war, unverrückt dasselbe geblieben ist. Neue Streiter haben sich seither um dasselbe Banner geschaart, Manche vielleicht geweckt durch die Anregung, welche sie in diesen Briefen fanden. Wer weiter sich belehren, den Kreis der Thatsachen, auf die er fußen soll, erweitern, und sich so immer mehr in seinen Ansichten befestigen will, dem kann ich aus vollster Ueberzeugung die Werke von Moleschott in Heidelberg empfehlen. Der Leser des „Stoffwechsels", des „Kreislaufes des Lebens", der „Nahrungsmittel für das Volk" wird reiche Fülle der Thatsachen, anziehende Behandlung des Gegenstandes und strenge Folgerichtigkeit der gewonnenen Schlüsse sicherlich nicht vermissen.

So mögen denn auch diese Bogen hinauswandern und solchem Vortrefflichen nachstreben, das ihnen vorausgeeilt. Jeder trägt in seiner Weise bei zu dem Gemenge, welches, geläutert in dem Schmelztiegel des Volksbewußtseins, später als flüssiges Metall an das Licht tritt — glücklich, dessen Beitrag nicht ganz als schaumige Schlacke zurück bleibt, sondern sich sagen kann: Auch du hast deinen Antheil an ächtem Schrote und Korne.

Genf, den 1. December 1853.

C. Vogt.

Vorrede zur dritten Auflage.

Trotz mannigfacher Anforderungen der verschiedensten Art, welche Zeit und Leben an mich seit Jahren gestellt haben und noch beständig stellen, habe ich dennoch mit Eifer gesucht, in dieser neuen Auflage den Fortschritten der Wissenschaft gerecht zu werden. Ich habe verbessert, verändert, zugesetzt, weggeschnitten, hie und da auch nur gefeilt, wie es das Bedürfniß der Zeit oder mein eigenes Gefühl zu erfordern schienen. Wenn auch vielfach Abschnitte gänzlich umgestaltet werden mußten, so ist nichts desto weniger der Kern des Ganzen geblieben. Möge er auch jetzt, in dieser neuen Gestalt, den Lesern eben so munden, wie die früheren Auflagen gemundet zu haben scheinen.

Manche Forscher und Fachgelehrte mögen wohl finden, daß ich den neuesten Richtungen, die sich die physikalischen nennen, nicht genug in der Darstellungsweise Rechnung getragen habe. Es kann wohl sein und ich will darüber mit Niemanden rechten. Die Resultate, welche diese Forscher durch Anwendung der genauesten physikalischen Methoden, der subtilsten Versuche, der verwickeltsten Rechnungen erhalten haben, sind oft staunenswerth und verdienen vollste Anerkennung und ungetheiltes Lob. Aber es hat mir geschienen, als ob man deshalb nicht ausschließlich nur dieser einen Richtung folgen und Jedem den Stein schleudern

müsse, der es wagen will, auf den noch nicht völlig abgegrasten Fluren der Formenlehre auch ein bescheidenes Sträußchen zu pflücken. Noch weniger habe ich mich aber zu der Darstellungsweise bekehren können, welche jetzt in manchen, sonst so achtbaren Lehr- und Handbüchern vorherrscht und wo der menschliche Körper und seine Verrichtungen fast nur als zufällige Beispiele physikalischer und chemischer Gesetze und Vorgänge dienen. Ist es ja doch, als pflanze man absichtlich vor den Weg üppiges theoretisches Gestrüpp und verwickeltes, abstractes Schlinggewächs, durch das man sich erst mit dem schärfsten Messer des Verstandes einen Weg hauen muß, ehe man zu den frischen Plätzen des duftenden Waldes gelangen kann. Solche Arbeit mag recht sein für den Squatter, der neue Wege sucht, für den Förster, der seinen Wald regelrecht bewirthschaften will — sie behagt aber weder dem Spaziergänger, noch dem Sonntagsjäger — und auch diese wollen leben und genießen! Im Beginne mag es nöthig sein, jeden Nachfolgenden dieselben Leitern Stufe für Stufe hinaufklimmen zu machen, die man selbst ersteigen mußte — für Diejenigen aber, die nicht Zeit noch Muße haben, denselben Weg zu machen, kann es auch wohl genügen, sie plötzlich auf die Höhe zu stellen.

So weit ist es schon gut, wenn es nur nicht mit dem Verlangen des unbedingten Gehorsams geschieht. Aber je kritischer der Menschengeist fortschreitet, je mehr er bestrebt ist, Methoden zu erfinden, welche ihn vor Irrthümern bewahren können, desto mehr bemüht sich anderseits die Partei der Autorität, mit der Wucht des Glaubenssatzes ihm entgegenzutreten und mit ihrem „Friß, Vogel, oder stirb!“ ihn anzudonnern. Merkwürdig, aber wahr, daß auch in der Wissenschaft dies Bestreben stets wieder auftaucht, daß es sich bei jeder Gelegenheit neu erzeugt und, dem Antäus gleich, stets neue Kräfte aus der Erde zu saugen scheint, sobald man glaubt es niedergeworfen zu haben.

Ich lese in einem neueren Buche: „Die Basis unserer und „aller Untersuchungen auf diesem Wege, bilden bis jetzt die „beiden Sätze, daß einmal der Harnstoff nur ein Umsetzungs-

„product der stickstoffhaltigen Körperbestandtheile, nie ein bloßes „Oxydationsproduct des Eiweißes im Blute ist und zweitens, daß „aller Stickstoff der umgesetzten Körperbestandtheile wenigstens „zum bei weitem größten Theile und etwa unter Berücksichtigung „des Stickstoffes in den Fäces, als Harnstoff ausgeschieden wird. „Wer diese beiden Sätze nicht anerkennt und wo sie „nicht festgestellt sind, der mag sich aller Unter„suchungen dieser Art enthalten."

Wir hatten bis jetzt geglaubt, erst aus der Untersuchung gehe die Feststellung, der Satz, die Anerkennung des Satzes hervor; — wir hatten geglaubt, das gerade sei das Edle in unserer Wissenschaft, daß sie sich Fragen stellt, aber die Beantwortung derselben erst durch die Thatsache sucht. In München wird uns jetzt vor den Tempel der Physiologie das Eingangs-Portal des umgesetzten Harnstoffes gebaut — der Ketzer, der nicht durch dasselbe eingehen will, mag draußen bleiben, sich aller Untersuchungen enthalten! Wer aber Physiologie treiben will, der schwöre zuerst den harnstofflichen Glaubenseid, dann mag er eintreten!

Es genügt, auf solche Auswüchse physiologischer Hierarchie mit dem Finger zu zeigen, um die Empörung gegen sie wachzurufen. Wenn ich indessen dennoch, trotz meines Freiheitsgefühles, in der Darstellung der Functionen des Nervensystems wesentlich der Autorität meines Freundes Moritz Schiff in Bern gefolgt bin, so möge man mich nicht unter diejenigen zählen, die sich nur deshalb frei fühlen, weil sie den Fetisch ihres Nebenmenschen nicht anbeten, sondern einen andern. Nur derjenige, der die unendliche Sorgfalt und Hingebung kennt, womit Schiff seinen Versuchen folgt, kann das Zutrauen bemessen, welches man ihnen schenken darf.

Die Ausgabe der dritten Abtheilung hat sich so lange verzögert, weil ich der Versuchung nicht widerstehen konnte, meinen Lesern die Resultate mitzutheilen, welche in Kölliker's „Entwickelungsgeschichte des Menschen" so reichlich gegeben sind.

Meinem Freunde in Würzburg, wie seinem Verleger Engelmann in Leipzig, schulde ich den wärmsten Dank für die bereitwillige Weise, womit mir sogar die Correcturbogen der zweiten, noch nicht beendeten Hälfte mitgetheilt und die Holzschnitte zur Benutzung und Verfügung gestellt wurden. Leider konnte ich den Schluß der zweiten Hälfte dieses vortrefflichsten Buches, das den reichsten Schatz von eigenen Untersuchungen enthält, nicht abwarten, um danach noch einige meiner Briefe zu überarbeiten — der Norden winkt und ich muß mir sagen: Fort mußt Du — deine Uhr ist abgelaufen!

Genf (Plainpalais) den 1. Mai 1861.

C. Vogt.

Die Vorrede zur vierten Auflage

soll nur sehr kurz sein, denn mit jeder neuen Auflage schwillt das Buch mehr an und droht, über die Grenzen des Handlichen hinaus zu wachsen.

Der vorderste Platz im Vorkampf für Geistesbefreiung wechselt von Zeit zu Zeit zwischen den Wissenschaften. Wenn ich nicht irre, so ist jetzt die Physiologie mehr in die Linie zurückgetreten, während die zoologischen Wissenschaften sich in den Vordergrund gestellt haben. Die Methoden der Untersuchung, welche bis jetzt in der Physiologie befolgt wurden, haben herrliche Resultate zu Tage gefördert, sich aber auch großentheils in denselben erschöpft, da die Hauptmauern des Gebäudes aufgeführt sind. Freilich fehlt noch in vielen Stücken die innere Durchbildung, die angemessene Ausschmückung, die genaue Ausführung der Einzelheiten — aber man darf billig bezweifeln, daß mit den jetzigen Hülfsmitteln und Untersuchungsmethoden neue Wege eröffnet, neue Zielpunkte gesteckt werden können. Daß es der angestrengten Arbeit so Vieler, die in dem Fache thätig sind, gelingen wird, diese Zielpunkte zu stecken und die Wege zu ihrer Erreichung zu ebnen, unterliegt keinem Zweifel; es wird dies dann besonders erleichtert werden, wenn die Hülfswissenschaften, die Werkzeuge, die Untersuchungsmethoden auf eine sichere Stufe der Vollkommenheit gebracht sein werden.

Namentlich in Bezug auf die Functionen des Gehirnes dürften diese Worte Richtigkeit beanspruchen. Von dem Zucken des Froschschenkels bei Berührung mit zwei, elektrisch ungleichen Metallen datirt unsere ganze Nervenphysiologie. Das reagirende Instrument für die geistigen Functionen der einzelnen Hirntheile muß noch gefunden werden!

Genf, im August 1874.

C. Vogt.

Inhalt.

Erste Abtheilung.

Das vegetative Leben.

Zweite Abtheilung.

Das animalische Leben.

Dritte Abtheilung.

Zeugung und Entwickelung.

Erste Abtheilung.

Das vegetative Leben.

Erster Brief.

Der Kreislauf des Blutes.

Das Blut ist der Träger alles individuellen Lebens. Ohne seine Vermittlung giebt es keine Neubildung, keine Umwandlung des Bestehenden, keine regelrechte Zurückbildung des Ueberflüssigen. Gleich dem Prinzipe des Lebens selbst ist das Blut in ewigem Umschwunge, in rastloser Bewegung begriffen; — bis in die entferntesten Theile des Körpers reckt sich sein Strom, überall sind ihm Bahnen aufgeschlossen, welche es nach bestimmten Gesetzen durchläuft, nach allen Seiten hin findet es Kanäle, durch welche es seine belebende Kraft den umliegenden Organtheilen mittheilt und seine Bestandtheile mit den ihrigen austauscht. Der Begriff des Kreislaufes, seine thatsächliche Existenz sind allmählich in das Volksbewußtsein übergegangen; man spricht davon, wie wenn daran nicht gezweifelt werden könne; es ist eine jener wenigen Wahrheiten, die sich gleichsam durchgefiltert haben aus den wissenschaftlichen Behältern und deren Bestand man annimmt, ohne nach dem Beweise, ohne nach den Folgen zu fragen. Wie verhalten sich die Gefäße und Kanäle, in denen das Blut kreist? Welche Kräfte sind an ihnen thätig, und auf welche Weise wird dieser stete Umlauf bedingt? Welche Beschaffenheit endlich zeigt das Blut selbst, welche chemische Zusammensetzung ist ihm eigenthüm-

lich und wie läßt sich aus all diesen Verhältnissen die Rolle erklären, welche das Gefäßsystem im Organismus spielt?

Daß das **Herz** der Mittelpunkt des Blutkreislaufes sei, dies wissen wir Alle aus eigener Erfahrung. Von ihm aus geht ein System von Röhren nach allen Theilen des Körpers, sich immer mehr verästelnd und verzweigend, bis wir endlich mit dem bloßen Auge den letzten dünnen Reiserchen nicht mehr folgen können. Von diesen cylindrischen Röhren, den Blutgefäßen, lassen sich schon äußeren Kennzeichen nach zwei Arten unterscheiden. Die einen sind fest, elastisch, bleiben gleich einer Gummiröhre rund und offen, selbst wenn sie leer sind oder durchschnitten werden; das Blut strömt in ihnen von dem Herzen weg nach den peripherischen Theilen des Körpers; — diese Röhren mit centrifugaler Richtung des Blutstromes sind die **Arterien** oder **Schlagadern**. Die anderen Gefäße sind dünnwandiger, sie fallen nach der Entleerung oder Durchschneidung zusammen; das Blut strömt in ihnen von den peripherischen Theilen aus nach dem Herzen zu — wir nennen diese nach dem Mittelpunkte leitenden Kanäle die **Venen** oder **Blutadern**.

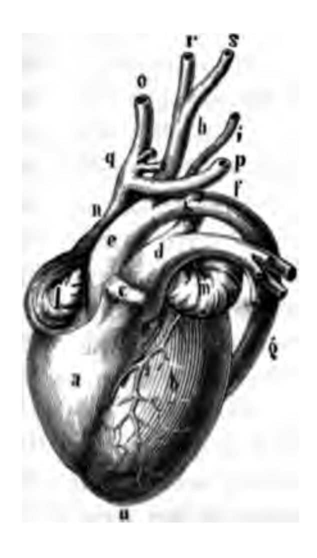


Fig. 1.

Das Herz mit den Blutgefäßstämmen von vorn. a. Rechte Kammer. b. Linke Kammer. c, d. Lungenschlagader. e. Aorta oder große Körperschlagader. f. Bogen der Aorta. g. Absteigende Aorta. h. Gemeinschaftlicher Stamm der r. rechten Schlüsselbein- und s. rechten Halsarterie. i. Linke Halsarterie. k. Anfang der nicht weiter gezeichneten linken Schlüsselbeinarterie. l. Rechte Vorkammer. m. Linke Vorkammer. n. Obere Hohlvene. q, o. Gemeinschaftliche rechte Halsarmvene. p. Gemeinschaftliche linke Halsarmvene. u. Spitze des Herzens.

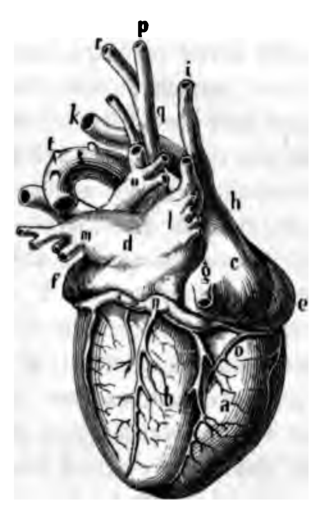


Fig. 2.

Das Herz mit den Blutgefäßstämmen von hinten. a. Rechte Kammer. b. Linke Kammer. c. Rechte Vorkammer. d. Linke Vorkammer. e. Rechtes, f. linkes Herzohr. g. Untere, h. obere Hohlvene. i. Gemeinschaftliche rechte Halsarmvene. k. Gemeinschaftliche linke Halsarmvene. l. Rechte Lungenvene. m. Linke Lungenvene. n. Kranzvene des Herzens. o. Kranzarterie des Herzens. q. Gemeinschaftlicher Stamm der p. rechten Schlüsselbein- und r. rechten Halsarterie (Carotis). s. Bogen der Aorta. t. Ursprung der linken Schlüsselbeinarterie. u. Lungenarterie.

Das Herz selbst ist ein hohler Muskel; ein nach unten zugespitzter Beutel mit dicken Wänden, die aus schleifenförmig angeordneten Muskelfasern gewoben sind, welche durch ihre Zusammenziehung den Beutel verengern und die darin enthaltene Flüssigkeit auspressen können. Eine innere Scheidewand theilt der Länge nach diesen Beutel in zwei Hälften, eine rechte und eine linke, und jede dieser Hälften ist wieder durch eine durchbrochene Querscheidewand in zwei Abtheilungen getheilt, welche mit einander durch die Oeffnungen der Querscheidewand in Communication stehen. — Die Längsscheidewand zeigt keine solche Communicationsöffnung; zwischen rechter und linker Herzhälfte besteht keine Verbindung; das Blut in der einen kann sich nie mit demjenigen der andern Hälfte vermischen. Auf diese Weise ist das Herz in vier Abtheilungen getheilt, deren

jede mit Blutgefäßen in Communication steht, die einen mit den zuführenden Venen, die anderen mit den wegführenden Arterien. Die ersteren heißen die Vorkammern, Vorhöfe oder Atrien, ihre Muskelwände sind gleich den Wänden der Venen schwächer, ihr Lumen größer als das der Kammern oder Ventrikel, welche sich durch starke Muskelschichten auszeichnen. Jede Herzhälfte hat demnach einen Vorhof und eine Kammer, welche mit einander durch weite Oeffnungen in der Querscheidewand, durch die sogenannten Atrio-Ventricularöffnungen, in Verbindung stehen. Schon aus der Natur der einmündenden Gefäße kann man schließen, daß der Weg, welchen das Blut im Herzen nimmt, aus den Venen in die Vorkammern, von dort in die Kammern und aus diesen durch die Arterien hinausgeht. Die relative Muskelschwäche der Vorhöfe erklärt sich ebenfalls schon aus diesem Umstande; — sie haben das in ihnen angesammelte, von der Peripherie kommende Blut durch ihre Zusammenziehung nur in die Kammern zu treiben, wozu bei der Kürze des Wegs und der Weite der Communicationsöffnung gerade keine bedeutende Kraft gehört; während hingegen die Kammern einer bedeutenden Kraftentwicklung bedürfen, um ihre Blutmenge durch die engen Kanäle der Arterien bis in die entferntesten Gebiete ihrer beiderseitigen Blutbahnen zu treiben. Die Richtung des Blutstromes im Herzen wird durch ein äußerst sinnreiches System häutiger Klappen bestimmt, welches namentlich in den Kammern in großer Vollkommenheit entwickelt ist. Jede Herzabtheilung hat natürlich zwei Oeffnungen, eine, wodurch sie mit den Gefäßen, eine andere, wodurch sie mit der anderen Herzabtheilung derselben Seite zusammenhängt; ohne Klappen würde bei der Zusammenziehung das Blut aus beiden Oeffnungen hinausgepreßt werden. An der Oeffnung zwischen je zwei Herzabtheilungen aber befindet sich eine solche Klappe, wie ein Segel aus mehreren Zipfeln gebildet, deren Stellung in der Art angeordnet ist, daß dem aus der Vorkammer her gepreßten Blute die Klappe sich weit öffnet, während sie im Momente sich schließt, wo die Kammer sich zusammenzieht und das Blut gegen die Klappe antreibt.

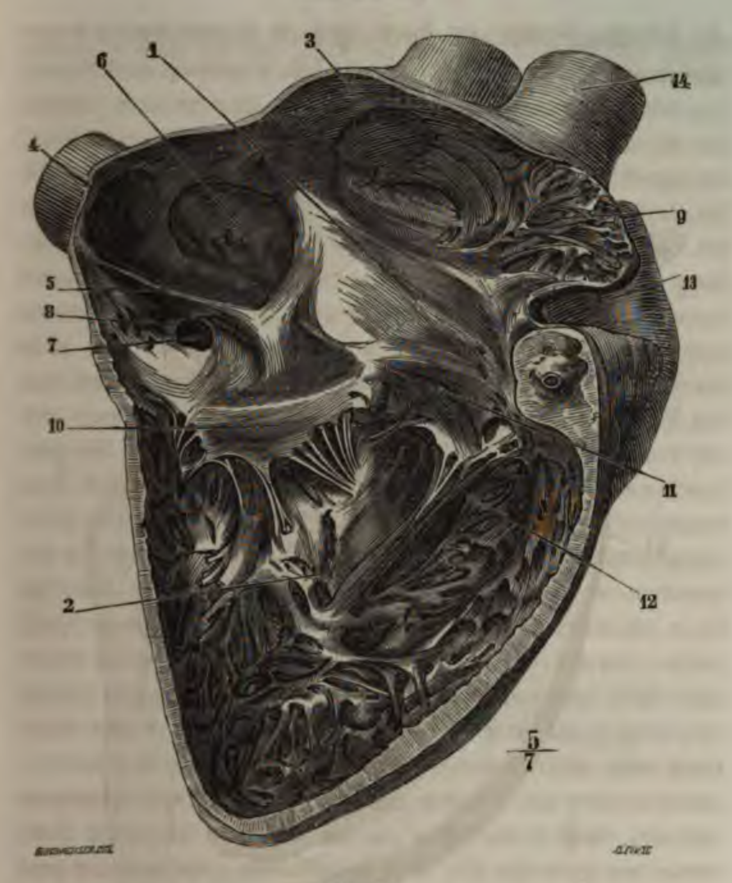


Fig. 3.

Innere Oberfläche der rechten Herzhälfte, deren Außenwand durch einen senkrechten, von der Basis nach der Spitze geführten Schnitt so entfernt ist, daß man in die Höhlung der Vorkammer und der Kammer hinein sieht.

1. Rechter Vorhof geöffnet. Der Strich führt auf die fast sehnige Scheidewand, welche den rechten Vorhof vom linken trennt. 2. Scheidewand, welche die rechte Kammer von der linken trennt. Man sieht die zahlreichen Sehnenfäden und Muskelbalken, die von der Scheidewand entspringen. 3. Oeffnung der oberen Hohlvene. 4. Oeffnung der unteren Hohlvene. 5. Häutiger Vorsprung an derselben, der als Klappe dient. 6. Ovales Loch, bis zur Geburt offen und die Verbindung zwischen rechter und linker Herzhälfte vermittelnd, später geschlossen. 7. Mündung der Kranzvene des Herzens. 8. Häutige Klappe an derselben. 9. Rechtes Herzohr. 10 und 11. Dreizipfelige Klappe (**Valvula tricuspidalis**) mit ihren Sehnenfäden, in der Stellung der Diastole der Kammer, wenn das Blut in dieselbe einströmt.

12. Höhlung, die hinter der Klappe durch zur Einmündung der Lungenarterie (13) führt. 14. Stamm der Aorta, aus der linken Herzkammer entspringend.

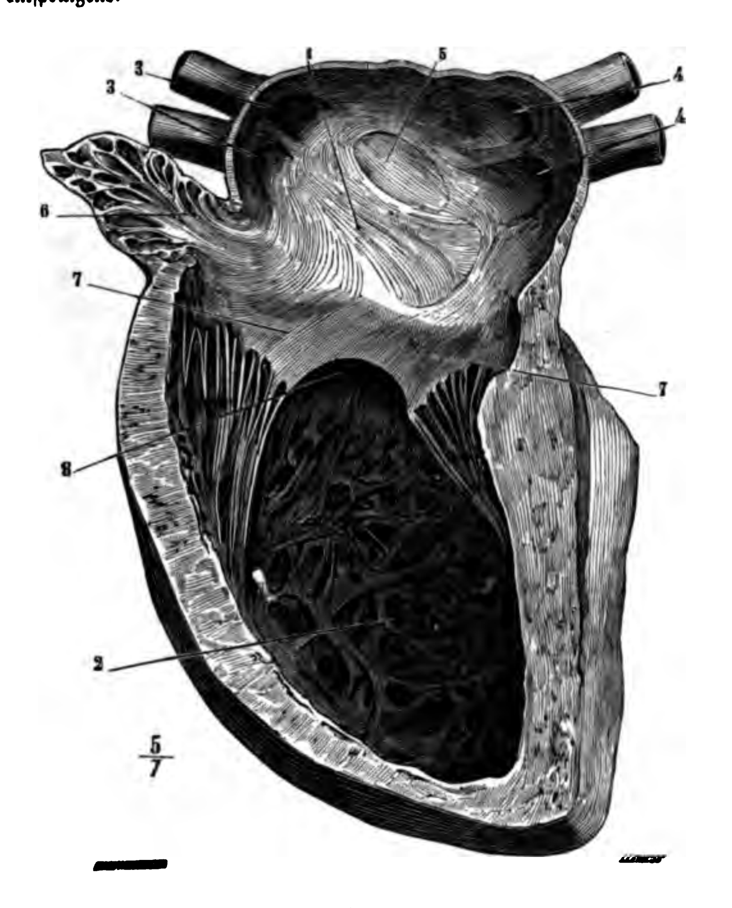


Fig. 4.

Innere Oberfläche der linken Herzhälfte, durch einen senkrechten Schnitt bloßgelegt, der die Außenwand entfernt hat.

1. Sehnige Scheidewand, welche die linke Vorkammer von der rechten trennt. 2. Scheidewand zwischen linker und rechter Kammer, mit vielen Muskelbündeln. 3. und 4. Einmündungen der Lungenvenen. 5. Verwachsenes eirundes Loch (Foramen ovale.) 6. Linkes Herzohr. 7. Zweizipfelige Klappe (Valvula mitralis) in der Stellung, die sie beim Einströmen des Blutes in die Herzkammer einnimmt. 8. Höhlung, die unter der Klappe durch in die Mündung der Aorta führt.

Die Segelklappe in der rechten Herzhälfte zwischen Vorkammer und Kammer heißt die dreizipfelige Klappe, die in der linken Herzhälfte gelegene die zweizipfelige oder Bischofsklappe; beide bestehen aus dünnen Sehnenhäuten, an welche sich, an der Seite nach der Kammer zu, feine, oft bogenförmig geschlungene Sehnenfasern ansetzen, die von den Kammerwänden selbst ausgehen und mit Warzenmuskeln zusammenhängen, welche in die freie Herzhöhle hineinragen. Bei der Zusammenziehung der Kammern ziehen sich auch die Warzenmuskeln zusammen, spannen durch ihre Sehnen wie durch Zugseile die häutigen Segel und beschleunigen so den Schluß derselben. Die freien Ränder der Segel rollen sich dann auf, legen sich an einander und schließen schon bei dem geringsten Drucke von der Kammer her die Oeffnung vollkommen; während sie im Augenblicke, wo dieser Druck nachläßt, sich öffnen und die Blutwelle vom Vorhofe her einströmen lassen. — Noch einfacher sind die Klappen an den Ursprüngen der beiden Hauptarterien, der Lungenschlagader und der Aorta. Hier finden sich die sogenannten halbmondförmigen Klappen, je drei Taschenventile aus dünner Sehnenhaut mit freiem geradem Rande und bogenförmig angewachsener Basis. Der Bogenrand schaut nach dem Herzen, der freie Rand nach der Peripherie hin; die Ventile liegen an der Arterienwand an, wie die Taschen eines Kutschenschlages. Der aus den Kammern hervorgetriebene Blutstrom läuft vom angewachsenen gegen den freien Rand des Ventiles hin; er drückt also dieses an die Arterienwand an und rauscht ungehindert darüber weg. Der Rückprall der Blutwelle gegen die Kammer hin fängt sich in dem freien Rande, stellt das Ventil auf und schließt es, indem die Ränder der drei Klappen genau an einander passen.

Man hat durch Versuche nachgewiesen, daß es nur eines äußerst geringen Druckes bedarf, um die erwähnten Klappen zu stellen und zwar so zu stellen, daß sie vollkommen hermetisch schließen und auch nicht einen Tropfen Flüssigkeit durchlassen. Jeder kann sich davon leicht an dem Herzen eines frisch geschlachteten Thieres überzeugen. Man braucht nur Wasser aus einem

Topfe in eine der großen Schlagadern zu gießen. Die geringe Kraft des Wasserstrahles reicht hin, die halbmondförmigen Klappen so zu schließen, daß auch nicht ein Tropfen Wasser in die Kammer gelangt. Führt man durch die Arterien eine Röhre ein und gießt Wasser in die Kammer, so kann man, bei aufgeschnittenen Vorhöfen, den Schluß der Segelklappen an den Kammeröffnungen beobachten. Viele unheilbare Herzkrankheiten beruhen auf krankhafter Veränderung der Segelklappen oder der Taschenventile, wodurch das Spiel derselben gehemmt, ihr Schluß unvollkommen und der Kreislauf unregelmäßig gemacht wird. Bei Veränderung der Segelklappen stürzt ein Theil des in der Kammer befindlichen Blutes, statt durch die Schlagadern ausgetrieben zu werden, in die Vorkammer zurück; bei unzureichendem Schluß der Taschenventile fließt das in die Schlagadern getriebene Blut wieder in die Kammer zurück.

So vollkommen die genannten Klappeneinrichtungen an den Mündungen der Kammern sowohl gegen die Arterien, als gegen die Vorhöfe hin sind, so unvollkommen sind die Vorrichtungen an den Einmündungen der Venen in die Vorhöfe. Ringmuskeln, welche die Einmündungsstellen durch Zusammenziehung verengen, Vorsprünge und Faltensäume sind hier zwar angebracht, aber nicht in so vollständiger Weise ausgebildet, um, wie bei den Kammern, den Rückprall des Blutes bei der Zusammenziehung gänzlich zu verhindern. Die Klappenvorrichtungen an beiden Oeffnungen der Kammern genügen indessen schon, um aus dem Herzen ein hydrostatisches Druckwerk mit Ventilen zu machen, welche dem Blutstrom die gehörige Richtung anweisen. So genau sind alle Kräfte an dieser wunderbaren Maschine berechnet, so harmonisch ihr Zusammenwirken, daß die geringsten Fehler an den Klappen schon Unordnungen des Auslaufes erzeugen, indem der vollkommene Schluß nicht mehr erzielt werden kann, während bei normaler Bildung der Klappen bis zu dem letzten matten Herzschlage noch Kraft genug im Herzen vorhanden ist, um die Klappen gehörig zu stellen und so dem Blutstrom seine Richtung anzuweisen. Denn man bedenke wohl, daß das Herz ohne Klap-

pen nur eine bewegende Maschine sein würde, welche das Blut aus allen seinen Oeffnungen hinausdrücken, nicht aber in einer stets bestimmten Richtung einseitig forttreiben würde, und daß nur die in rein mechanischer Weise angebrachten und spielenden Klappen es sind, welche die Richtung bestimmen und somit den Kreislauf und mit ihm das Leben ermöglichen.

Die Erfahrung hat gezeigt, daß stets die gleichnamigen Abtheilungen beider Herzhälften sich in demselben Zeitmomente zusammenziehen, daß die beiden Vorkammern sich zusammenziehen, während die Kammern sich ausdehnen, und daß hernach die Zusammenziehung beider Kammern mit gleichzeitiger Ausdehnung der Vorkammern verbunden ist. Bei der Zusammenziehung oder Systole der Kammern hebt sich die Herzspitze, indem sie sich zugleich etwas um ihre Achse dreht und zwischen der fünften und sechsten Rippe etwas links von der Mittellinie gegen die Brustwand anschlägt, während sie bei der Ausdehnung oder Diastole der Kammern wieder in ihre vorige Lage zurücksinkt. Diese stete Ortsveränderung des Herzens wird dadurch möglich, daß es, ohne weitere Befestigung als die durch die eintretenden Blutgefäße bedingte, frei in einem weiten Sacke mit glatten Wänden, dem Herzbeutel, aufgehängt ist.

Jeder Herzschlag, den wir fühlen, ist demnach aus drei Tempo's zusammengesetzt : der Erweiterung oder Diastole der Kammern, während welcher sich die Vorkammern zusammenziehen; der Zusammenziehung oder Systole der Kammern, während welcher sich die Vorkammern ausdehnen, und einer Ruhezeit, während welcher das ganze Herz sich in Erschlaffung befindet. Bei der Kammersystole sind die Arterienklappen geöffnet und die Klappen an den Atrio-Ventricularöffnungen geschlossen, so daß das Blut in die Arterien eingetrieben wird, während ihm der Rückweg in die Vorhöfe verschlossen ist; zugleich sind die Vorhöfe weit ausgedehnt und das von außen her kommende Blut strömt in die Vorhöfe ein. Unsere schematische Figur 5, S. 14 ist auf diesen Augenblick der Herzthätigkeit hin gezeichnet. Bei der Vorkammersystole schließen sich die Venenöffnungen so weit als möglich, um

den Rückprall des Blutes in dieser Richtung zu verhüten, während die Atrio=Ventricularöffnungen sich aufthun, das Blut in die Kammern einzulassen, die Arterienklappen dagegen sich schließen, und dem Rückstrom des Blutes in die Kammer, welche sich ausdehnt, Widerstand leisten.

Die Zusammenziehung der Kammern wie der Vorkammern ist mit besonderer Tonentwickelung verbunden. Man braucht das Ohr nur an die Herzgegend eines lebenden Menschen oder Thieres anzulegen, um diese Herztöne zu hören, benutzt aber gewöhnlich zu dieser Auscultation, wie man die Untersuchung durch das Ohr nennt, ein besonders construirtes Instrument, das Stethoskop. Der erste Herzton bildet ein längeres, dumpfes, strömendes Rauschen, er fällt mit der Kammersystole zusammen; der zweite Herzton folgt unmittelbar auf den ersten und ist kurz, hell, klappend, er bezeichnet den Anfang der Zusammenziehung der Vorhöfe. Während des dumpfen Rauschens des ersten Herztones schlägt das Herz an die Brustwand an, und in normalem Zustande ist es nicht möglich, einen Zeitintervall zwischen dem Anschlagen des Herzens und dem ersten Tone zu finden. Die Entdeckung dieser Hörbarkeit der Herztöne und ihrer äußerst mannigfachen Veränderungen bei organischen Krankheiten des Herzens bezeichnet eine neue Epoche in der Geschichte der Medicin. Das Verhältniß der Töne zu den Herzbewegungen und ihre physikalische Ursache aufzuklären, hat man die mannigfachste Mühe verwendet, und es ist kein Theil des Herzens, dem man nicht einige oder alle Mithülfe an ihrer Entstehung zuwenden wollte. Die Zusammenziehung der Muskelfasern des Herzens, das Einschießen der Blutwellen in die geöffneten Herzräume, die Reibung derselben an den Herzwänden, alle diese Momente wurden, aber großentheils vergebens, zu Hülfe genommen. Jetzt scheint man sich endlich dahin verständigt zu haben, daß die Herztöne Klappentöne sind, daß sie von den Schwingungen der sich stellenden Klappen herrühren und daß ihre Verschiedenheit eben in der verschiedenen Größe und Anordnung der Klappen besteht. Der erste, länger gehaltene, dumpfe Ton würde die Schließung der

großen, segelförmigen Klappen der Atrio-Ventricularöffnungen, der zweite diejenige der kleineren taschenförmigen Arterienventile bezeichnen; bei dem ersten Tone aber noch das Muskelgeräusch der dicken Kammerwände mitgehört werden. Jeder Muskel erzeugt nämlich bei seiner Zusammenziehung ein dumpfes, brausendes Geräusch, das man sehr wohl hören kann, wenn man z. B. das Stethoskop auf den Arm setzt, während der Vorderarm bewegt wird.

Verfolgen wir nun die allgemeine Bahn des Kreislaufes, indem wir von der linken Kammer aus dem Strome des Blutes nachgehen. Durch eine mit halbmondförmigen Taschenventilen besetzte Oeffnung tritt das Blut in die große Körperschlagader, die Aorta, ein, und vertheilt sich durch alle Aeste und Zweige derselben in alle Theile des Körpers.

In unserer schematischen Figur (Fig. 5, S. 14) haben wir diesen Körperstrom dargestellt, wie wenn er sich in zwei Ströme theilte, einen (b) für die obere, einen anderen (d) für die untere Körperhälfte — der eine versorgt Kopf, Hals und Arme, der andere den Rumpf und die unteren Extremitäten mit Blut. In der Natur ist diese Theilung nicht vollkommen streng durchgeführt, wenn auch die großen Halsschlagadern (Carotiden) wesentlich den Kopf, die Schlüsselbeinadern (Subclaviae) die Arme, und die untere Aorta den übrigen Körper durch ihre Aeste, Zweige und Zweiglein versorgen.

So fein werden die letzten Aeste der Arterien, daß sie nur noch unter dem Mikroskop unterscheidbar sind. In diesem Zustande bilden sie Netze, welche alle Organe durchstricken. Die Inseln von Organsubstanz, welche bei einigen Geweben, wie z. B. in der Lunge oder der Leber, zwischen diesen feinen Maschen der Capillargefäße oder Haargefäße zurückbleiben, sind oft so klein und unbedeutend, daß bei manchen älteren Anatomen namentlich der Glaube verbreitet war, die Gewebe des Körpers beständen nur aus diesen letzten Zweigen der Blutgefäße. In jedem Organe des Körpers sind diese Haargefäßnetze anders gestaltet, je nach der Natur des Organes; anders in den Muskeln,

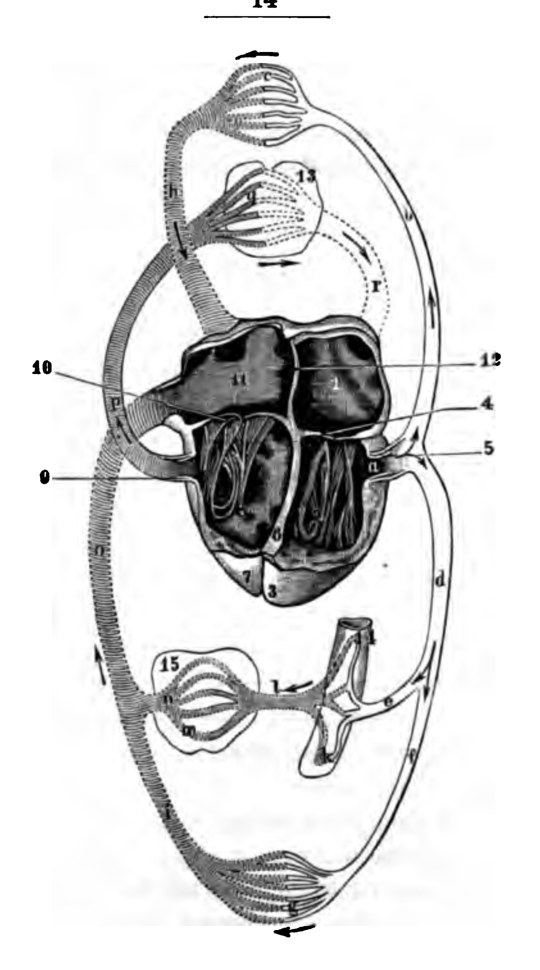


Fig. 5.

Schematische Darstellung des Blutkreislaufes. Das Herz ist der Länge nach durch einen quer auf die Scheidewand geführten Schnitt geöffnet, um die inneren Höhlen und Klappen zu zeigen, und zwar sind diese letzteren in der Stellung gezeichnet, welche sie bei der beginnenden Zusammenziehung der Kammern (Systole) einnehmen. Die zwischen den Kammern und den Vorhöfen angebrachten Segelklappen sind also geschlossen, die halbmondförmigen Klappen der großen Arterien aber geöffnet. Die Haargefäßsysteme sind durch einfache Verästelungen angezeigt; alle zum Herzen führenden Gefäße (Venen) mit punktirten Linien, dagegen alle vom Herzen wegführenden

Gefäße (Arterien) mit zusammenhängenden Contourlinien bezeichnet; kleine Pfeile zeigen die Richtung der Blutströmung. Diejenigen Gefäße, welche dunkles Blut führen und mit der rechten Herzhälfte in Verbindung stehen (Körpervenen und Lungenarterien) sind quer schraffirt; die Gefäße des Pfortadersystems gekreuzt schraffirt; die helles Blut führenden Gefäße (Lungenvenen und Körperarterien) sind unschraffirt gelassen.

1. Linker Vorhof. 2. Höhle der linken Kammer, die Sehnen und Warzenmuskeln zeigend, die sich an die Lappen der Segelklappe (4) ansetzen. 3. Spitze des Herzens. 4. Zweizipfelige Klappe (Valvula mitralis). 5. Halbmondförmige Klappen (V. semilunares) der Aorta. 6. Scheidewand der Kammern. 7. Spitze der rechten Kammer. 8. Höhlung der rechten Kammer. 9. Halbmondförmige Klappen der Lungenarterie. 10. Dreizipfelige Klappe (Valvula tricuspidalis). 11. Rechter Vorhof. 12. Scheidewand der Vorhöfe. 13. Lunge. 14. Darm. 15. Leber.

a. Arterieller Körperstrom (Aorta). b. Arterieller Strom für den Oberkörper. c. Capillarsystem des Oberkörpers. d. Arterieller Strom für den Unterkörper. e. Arterieller Strom für die Verdauungsorgane. f. Arterieller Strom für die untere Körperhälfte. g. Capillarsystem des Unterkörpers. h. Venöser Strom vom Oberkörper (obere Hohlvene). i. Venöser Strom vom Unterkörper. k. Capillarsystem der Verdauungsorgane. l. Pfortader. m. Capillarsystem der Leber. n. Lebervenen. o. Untere Hohlvene. p. Lungenarterie. q. Capillarsystem der Lungen. r. Lungenvene.

anders in den Eingeweiden, anders in der Haut oder in den Knochen, wie dies aus den nachstehenden Figuren hervorgeht, welche die Haargefäßnetze der Leber (Fig. 6), der Lunge (Fig. 7) und einer Darmzotte (Fig. 8) darstellen.

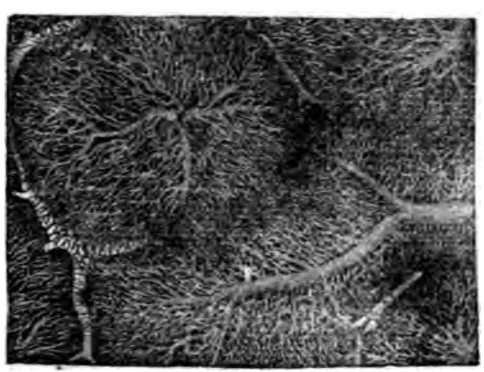


Fig. 6.
Haargefäßnetz der Leber, von den Lebervenen aus eingespritzt.



Fig. 7.
Haargefäßnetz der Lungenbläschen.

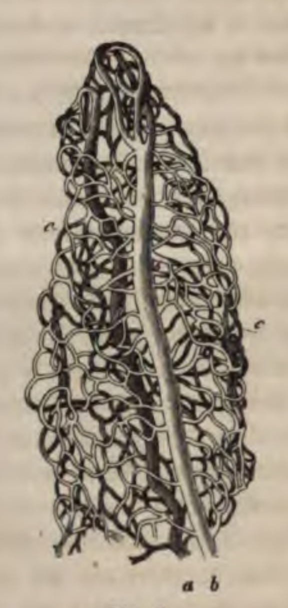


Fig. 8.
Haargefäßnetz einer Darmzotte. a. (dunkel schattirt) Arterie; b. Vene; c. Capillarnetz, ziemlich weitmaschig.

Je lebhafter der Umsatz in einem Organe, desto enger und gedrängter sind auch die Netze, desto geringer die Inseln von Substanz, welche zwischen den Rinnen der Haargefäße zurückbleiben. Nur sehr wenige Organe, wie z. B. die Oberhaut und die Haare, entbehren ihrer gänzlich. Aus diesen Maschennetzen nun sammeln sich allmählich wieder kleinere Stämmchen, welche unter einander zusammen münden, größere Zweige und Aeste und endlich zwei Hauptvenenstämme bilden, die obere und untere Hohlvene, welche sich in den rechten Vorhof einsenken und somit alles von der linken Kammer aus durch den Körper vertheilte Blut wieder in das Herz, aber in die rechte Herzhälfte, zurückführen. Man hat diese Section des Kreislaufes, von der linken Kammer aus durch die Haargefäße des Körpers und zurück in den rechten Vorhof, den großen oder Körperkreislauf genannt, und wie leicht einzusehen und zu beweisen ist, hängt die Bewegung des Blutes in dieser Bahn einzig und allein von den Zusammenziehungen der linken Kammer ab. In dem rechten Vorhofe angelangt erhält das Blut einen neuen Impuls, es strömt in die rechte Kammer und wird aus dieser in die Lungenarterie getrieben. Die Lungenarterie vertheilt sich in den Lungen in feine Capillaren, welche sich wieder zu Venen sammeln und endlich durch die großen Stämme der Lungenvenen in den linken Vorhof einmünden. Aus diesem wird dann das Blut in die linke Kammer gepreßt, von welcher aus es von neuem seine Bahn beginnt. Man hat diesen Abschnitt des Kreislaufes aus der rechten Kammer durch die Lungen in die linke Vorkammer den kleinen oder Lungenkreislauf genannt.

Während eines einmaligen Umschwunges durch seine Bahn läuft das Blut demnach zweimal durch das Herz, einmal, indem es aus dem großen Kreislaufe zurückkehrend durch das rechte Herz streicht, um von da aus nach den Lungen zu getrieben zu werden, das zweite Mal, wenn es aus den Lungen in das linke Herz und durch dieses in den Körper sich begibt. Zu einem jeden Kreislaufe gehört eine ungleichnamige Abtheilung verschiedener Herzhälften, zum großen linke Kammer und rechter Vorhof,

zum kleinen rechte Kammer und linker Vorhof, und die Vermittlung zwischen den beiden im Herzen selbst so streng geschiedenen Herzhälften geschieht nur durch die Capillarsysteme des Körpers einerseits und durch die Haargefäße der Lungen anderseits. Jede Hälfte eines Kreislaufes bildet gleichsam einen Baum, als dessen Stamm das aus dem Herzen entspringende Gefäß anzusehen ist, während die Krone mit den vielen tausend Zweiglein in den Capillarsystemen repräsentirt ist. Das arterielle, von der linken Kammer und der Aorta ausgehende System bildet einen solchen Baum, dessen Zweige durch die Körpercapillaren unmittelbar in die Wurzeln des Körpervenenbaumes übergehen; ja, wenn man die Vergleichung noch weiter treiben wollte, so würde sich der Stamm des in den Körpercapillaren zusammengesetzten venösen Baumes durch die Hohlvenen in das rechte Herz fortsetzen und in den Lungen sich verästelnd seine Krone bilden, während hier, in den Capillaren der Lungen, der Körperarterienbaum entspränge, seine Wurzeln in den Lungenvenen sammelte und als Stamm durch das linke Herz ziehend seine Krone in den Körpercapillaren bildete. Wie man sich auch die Sache vorstellen mag, zu jeder Hälfte des Kreislaufes gehören zwei centrale Herzabtheilungen, ein peripherisches Capillarsystem und ein System ausführender und rückführender Kanäle (Arterien und Venen); der große Kreislauf hat seine linke Kammer, seinen rechten Vorhof, seine Körperarterien und Körpervenen; der Lungenkreislauf seine rechte Kammer, seinen linken Vorhof, seine Lungenarterien und Lungenvenen.

Einer besondern Erwähnung ist noch das sogenannte Pfortadersystem werth, welches gleichsam ein Einschiebsel in den großen Kreislauf bildet. Der untere Körperstrom der Aorta versorgt nicht nur Rumpf und Beine, sondern auch die Eingeweide der Bauchhöhle und namentlich den Darmkanal und seine Anhänge mit arteriellen Gefäßen. Diese verzweigen sich und bilden Capillarnetze, aus denen Darmvenen sich zusammensetzen, welche endlich alle in eine große Vene, die Pfortader, sich vereinigen. Wäre die Anordnung wie an den übrigen Organen, so

würde die Pfortader ihr Blut unmittelbar in eine Hohlvene ergießen und so es direct dem rechten Vorhof zuführen. Dies ist aber nicht der Fall. Die Pfortader tritt in die Leber ein, und bildet in dieser Capillarnetze ganz wie eine Arterie — aus diesen Haargefäßen der Leber sammeln sich erst wieder die Lebervenen (n), welche das Blut in die Hohlvene und durch diese in das Herz ergießen. Während also im ganzen übrigen Körper das Blut stets nur ein Capillarsystem durchläuft, bevor es wieder in einer Herzabtheilung einen neuen Impuls erhält, durchströmt das den Darm speisende Blut zwei Capillarsysteme, das des Darmes und das der Leber, zwischen welchen keine bewegende Kraft angebracht ist, und kehrt dann erst wieder in das Herz zurück. Wir werden später sehen, daß diese eigenthümliche Anordnung des Darm- und Leber-Kreislaufes oder des Pfortadersystemes, die allen Wirbelthieren bis zu den Fischen herab eigen ist, in einer ganz besonderen Beziehung zu der Ernährung des Körpers überhaupt steht.

Die Capillarsysteme sind, wie wir später beweisen werden, der Sitz der chemischen und physikalischen Veränderungen der Blutmasse. In den Haargefäßen gehen die Prozesse der Ernährung, der Absonderung, der Aufsaugung vor sich, und dieser wechselseitige Austausch von Stoffen in den Capillaren zwischen der Blutmasse einerseits und den umgebenden Organtheilen anderseits muß nothwendig eine gewisse Rückwirkung auf Farbe und Zusammensetzung des Blutes haben. In den Capillaren des Körpers wird das Blut dunkel, es erhält eine bläulich-violette Farbe; in den Capillaren der Lunge wird es hellroth, schäumend. Der Durchgang des Blutes durch das Herz verändert seine Zusammensetzung durchaus nicht; das Herz hat nur eine rein mechanische Beziehung zu dem Blute, es ist nur eine Druckpumpe, die der ihr zuströmenden Flüssigkeit, dem Blute, die Bewegung mittheilt. Wenn demnach der Durchgang durch Capillaren das Blut ändert, derjenige durch das Herz aber nicht, so müssen die ungleichnamigen Gefäße der beiden Kreislaufhälften gleichartiges, die beiden Herzhälften verschieden-

artiges Blut führen. Die Lungenvenen führen hellrothes Blut, dieses durchläuft das linke Herz und wird, ohne verändert zu werden, durch die Körperarterien weiter geschafft; — in den Körpercapillaren wird das Blut dunkel, blau, und bleibt so durch die Venen, das rechte Herz und die Lungenarterien hindurch bis in die Lungencapillaren, wo es wieder hellroth wird. Man hat das hellrothe Blut auch arterielles, das blaurothe Blut venöses Blut und demnach die linke Herzhälfte das Arterienherz, die rechte das Venenherz genannt; es folgt aus diesen Benennungen leider eine große Verwirrung, denn die Lungenarterien führen blaurothes, venöses Blut, die Lungenvenen hellrothes, arterielles. Ich weiß mich noch gar wohl zu erinnern, wie sehr mir diese fatalen Benennungen eine klare Anschauung des Kreislaufes behinderten; ich werde sie hier nicht anwenden, und nur von dunklem und hellrothem Blute, von dunkler und heller oder rechter und linker Herzhälfte sprechen.

Die ganze hydraulische Anordnung des Gefäßsystemes mit dem Herzen entspricht den Anforderungen, welche an ein solches Röhrensystem gemacht werden können, auf das Vollkommenste. Schon in dem Herzen selbst ist keine Kraft unnöthig verschwendet; — die Kammerwandungen sind ihrer Dicke und Muskelmasse nach genau der Bahn angemessen, durch welche sie das Blut hindurchtreiben sollen. Die linke Kammer, welche die gesammte Blutmasse durch alle Arterien, Capillaren und Venen des Körpers, ja sogar theilweise, in dem Pfortadersysteme, durch zwei Capillarsysteme bis in die rechte Vorkammer treiben muß, ist die stärkste an Muskelschichten, und dem Gewichte, wie dem Volumen nach ist ihre Muskelmasse genau doppelt so groß, als diejenige der rechten Kammer, welche nur auf weit kleinerer Bahn durch die Lungen ihre forttreibende Kraft ausübt, und deshalb auch weit dünnere contractile Wände besitzt. Trotz dieser so einfachen und leicht ersichtlichen Verhältnisse aber hat man sich von frühen Zeiten her bestrebt, dem Blute als solchem einen Antheil an der Bewegung zukommen zu lassen. Es widerstrebte der Ueberzeugung vom Leben des Blutes, wenn man wieder auf der anderen

Seite annehmen sollte, daß es sich der Herzthätigkeit gegenüber nur wie eine jede andere todte Flüssigkeit verhalte, und man vergaß, daß alle Bewegung auf Erden, mag sie nun Organismen angehören oder nicht, denselben physikalischen Gesetzen gehorcht, und daß der Knochen nicht minder lebt, wenn er gleich von den Muskeln wie jeder andere leblose Hebelarm hin- und hergezogen wird. Es kann meine Aufgabe nicht sein, hier alle jene veralteten Hypothesen von einer eigenen Treibkraft, die dem Blute innwohnen sollte, von einer freien Bewegung der Blutkörperchen, von einer Wiederholung des Planetenlaufes in der Blutbahn zu widerlegen; der Versuch, die Beobachtung, die Rechnung und die Anwendung rein physikalischer Untersuchungsmethoden haben mit mathematischer Gewißheit dargethan, daß alle Blutbewegung lediglich und allein von der Herzthätigkeit abhängt, daß die bewegende Kraft einzig in dem Herzen liegt und die Strömung ganz auf dieselbe Weise in den Gefäßen geschieht, ob nun Blut oder eine andere ähnlich zusammengesetzte Flüssigkeit darin kreise.

Mit jeder Zusammenziehung treibt das Herz eine gewisse Blutmenge aus den Kammern in die an und für sich schon mit Blut gefüllten Arterien hinaus. Die Arterien sind aus elastischen Fasern gesponnene Röhren, der Stoß der Blutwelle dehnt mithin ihr Lumen aus. Ihre eigene Elasticität aber, sowie der momentane Nachlaß des Stoßes während der Kammerdiastole, bedingen einen Widerstand gegen diese passive Ausdehnung; — die Arterie zieht sich auf ihr früheres Volumen zusammen. Nun neue Kammersystole, neuer Stoß, neue Welle, abermalige Ausdehnung des Gefäßes, der ein erneuter Widerstand der elastischen Gefäßwände, eine zweite Zusammenziehung derselben folgt. Dies beständige Heben und Senken der Arterienwandungen, dieser abwechselnde Rhythmus der Blutwellen bedingt die Erscheinung des Pulses; jenes Orakels, das man bei allen Krankheiten um Rath fragt. Drei Momente kommen demnach bei dem Pulse hauptsächlich in Betracht: die Kraft des Herzstoßes, die Größe der Blutwelle und der Grad der Elasticität der Arterien, wodurch eine mehr oder minder bedeutende Energie des Widerstandes

ihrer Wandungen bedingt wird. Aus diesen drei Factoren setzen sich alle jene verschiedenen Modificationen des Pulses zusammen, welche der Arzt zu beobachten und in seinen Diagnosen zu benutzen hat. Die Zahl und der Rhythmus des Pulses hängen von der Herzthätigkeit, seine Völle oder Leere von der Größe der Blutwelle und der Gesammtmenge des Blutes überhaupt, seine Härte oder Weichheit endlich von dem Contractionszustande der Arterienhäute ab. Man weiß aus Erfahrung, daß die scheinbar widersprechendsten Eigenschaften des Pulses sich vereinigen können, daß ein voller Puls zugleich weich sein kann, wenn ein lähmungsartiger Zustand der Arterienhäute die thätige Contraction der Fasern hemmt, oder daß bei kleinem, kaum fühlbarem Pulse derselbe doch hart ist, weil durch Krampf die elastischen Fasern zusammengezogen sind. Man sieht leicht ein, daß bei dem innigen Zusammenhange der Herzbewegung mit dem centralen Nervensystem, bei der genauen Verknüpfung der Blutbereitung, Verdauung und Ernährung mit der Menge des Blutes und der Abhängigkeit der Gefäßcontraction von dem peripherischen Nervensystem und von den äußeren Eingüssen, der Puls die mannigfachsten krankhaften Erscheinungen in sich reflectiren kann.

Nicht bloß krankhafte Zustände aber, auch normale Einflüsse bedingen die größten Verschiedenheiten des Pulses je nach Alter, Geschlecht und Größe der Individuen. Im Allgemeinen steht der Satz fest, daß die Zahl der Pulsschläge im umgekehrten Verhältnisse zu der Körpermasse steht. So hat ein neugeborenes Kind im Durchschnitt 130—140 Pulsschläge, ein erwachsenes Individuum zwischen 20—50 Jahren etwa 70, ein Greis etwa 75 Pulsschläge in der Minute. Eben so einflußreich ist der Athmungsprozeß. Je lebhafter die Respiration, desto zahlreicher auch die Pulsschläge, desto kräftiger die Zusammenziehungen des Herzens. Im Allgemeinen rechnet man 3—4 Herzschläge auf einen Athemzug. In einem frisch getödteten Thiere kann man die Herzbewegungen mittelst Herstellung der künstlichen Athmung aufs neue anregen. Bei sehr tiefer Einathmung wird der Herzschlag langsamer und schwächer, bei starker Ausathmung schneller

und kräftiger. Auch die Körperstellung hat Einfluß. Im Stehen ist der Puls zahlreicher als im Sitzen, hier wieder beschleunigter als im Liegen; er wird langsamer während des Nachtschlafes, als wenn man bei Tage schläft, langsamer bei mäßigem Hungern unmittelbar vor der Mahlzeit, während die Zahl der Pulsschläge nach den Mahlzeiten allmählich so steigt, daß die Häufigkeit nach 3—4 Stunden ihren Höhepunkt erreicht.

Mit jedem Pulsschlage wird eine gewisse Quantität Blut aus dem Herzen in die Arterien hinausgetrieben, und zwar muß diese Menge Blutes mit der Capacität der Herzhöhlen im genauesten Verhältnisse stehen. Die Herzkammer kann begreiflicher Weise nicht mehr Blut auspressen als sie enthalten kann, und was sie bei der Diastole aufnimmt, das treibt sie auch fast vollständig wieder aus. Kennt man nun die Capacität der Herzhöhlen und die Quantität der in dem Körper überhaupt vorhandenen Blutmenge, so läßt sich leicht berechnen, in wie viel Zeit die gesammte Blutmenge durch das Herz gehen muß, oder mit anderen Worten, wie viel Zeit zu einem vollständigen Umschwunge der gesammten Blutmenge gehöre. Nun ist aber leider die Bestimmung der Blutmenge eines Individuums eine äußerst schwierige Aufgabe. Das Verblutenlassen führt nicht zum Ziele. Das Leben endet durch die Lähmung des Gehirnes und des Herzens schon lange bevor sämmtliches Blut aus den Gefäßen ausgeflossen ist und es bleibt stets eine Menge davon nicht nur in den Haargefäßen, sondern auch in den Geweben durch Austritt aus den Gefäßen zurück, welche nicht bestimmt werden kann und die um so größer ausfällt, je bedeutender die Körpermasse selbst ist. Man hat Verbrecher vor und nach der Enthauptung gewogen, wodurch man unmittelbar das Gewicht des ausgeflossenen Blutes erhielt; dann aber auch noch mittelst Einspritzung lauen Wassers das Blut aus den Haargefäßen ausgewaschen und die Menge dieses ausgewaschenen Blutes durch die Bestimmung des festen Rückstandes ermittelt. Eben so hat man in sinnreicher Weise die Färbekraft des Blutes benutzt, um aus dieser die Menge zu bestimmen, oder man hat diese Menge in der Weise zu berechnen

versucht, daß man zuerst einem lebenden Thiere eine bestimmte Quantität Blut (so viel als ohne Störung geschehen kann) entzog und genau dessen specifisches Gewicht, so wie die Menge fester Stoffe, die es enthält, bestimmte. Nun spritzte man, was ohne Gefahr geschehen kann, destillirtes Wasser in bestimmter Menge in die Adern, wartete einige Minuten, bis dieses durch den Kreislauf mit der Blutmenge gemischt war, und entzog dann aufs Neue von dem nun verdünnten Blute eine bestimmte Menge, an der man specifisches Gewicht und festen Stoffgehalt bestimmte. Aus der Vergleichung der erhaltenen Werthe beim unverdünnten und beim verdünnten Blute ließe sich nun die Blutmenge des Thieres bestimmen, wenn das Wasser überall gleichmäßig mit dem Blute sich mischte und die verdünnte Blutflüssigkeit nicht aus den Gefäßen ausschwitzte. Alle diese Methoden ergeben zu verschiedene Resultate, um sie anwenden zu können. Dagegen gelangte Vierordt endlich auf anderem Wege zum Ziele. Man öffnete eine Halsvene des Pferdes und spritzte ein leicht zu entdeckendes Reagens in das Blut ein. In abgemessenen Intervallen, die man mit der Secundenuhr bestimmte, zapfte man nun aus der Halsvene der anderen Seite Blut ab und untersuchte dies Blut auf den Gehalt an dem eingeführten Stoffe. Um von einer Vene zur anderen zu gelangen mußte das Blut den Weg durch das rechte Herz in die Lungen, dann in das linke Herz und durch den Körper machen, folglich die ganze Bahn des Kreislaufes durchmessen. Hierzu genügten beim Pferde im Mittel 31,5 Secunden; bei der Katze 6,69; beim Igel 7,61; beim Kaninchen 7,79; beim Hund 16,7 Secunden. Nun bestimmte man mittelst äußerst genauer Instrumente einerseits die Geschwindigkeit, mittelst welcher das Blut durch die Aorta strömt, anderntheils den Querschnitt derselben, woraus man dann berechnen konnte, wie viel Blut in einer Secunde durch die Aorta in den Körper strömt, also von dem Herzen ausgepumpt wird. Aus der Berechnung dieser Zahlen ergab sich zuerst ein allgemeines Gesetz, nämlich daß bei Säugethieren und Vögeln, mögen sie nun groß oder klein sein, es im Ganzen 27 Herzschläge bedarf, um die ganze

Blutmenge durch das Herz zu treiben und daraus ließ sich wieder die gesammte Blutmenge berechnen, die im Mittel, bei allen warmblütigen Thieren, etwa 1/13 des Körpergewichtes beträgt. Wendet man diese Sätze auf den Menschen an, so findet man, daß bei diesem die gesammte Blutmenge etwa im Mittel 5 Kilogramme, also zehn Pfund beträgt und daß dieses Quantum in etwa 23 Secunden durch den Körper umgetrieben wird. Es sind dies nur Mittelzahlen — das mittlere Körpergewicht des erwachsenen Mannes wird bei dieser Berechnung zu 65 Kilogramm angenommen; die Blutmenge steht aber im Verhältniß zu dem Körpergewicht und die Schnelligkeit eines Umschwunges begreiflicher Weise zu der Zahl der Pulsschläge, welche, wie wir sehen, nicht nur mit dem Alter, sondern auch mit verschiedenen Zuständen großen Schwankungen unterworfen ist.

Ohne also allzuweit von der Wirklichkeit abzuweichen, kann man im Großen annehmen, daß innerhalb eines Tages von 24 Stunden die gesammte Blutmenge 3700 Mal den Körper durchkreise. Da aber der Nutzeffect oder die Arbeit, welche die linke Herzkammer durch das Austreiben des Blutes leistet, in einer Secunde etwa einen halben Kilogrammmeter beträgt, so würde die von diesem Herztheile in einem Tage geleistete Arbeit in runder Summe genügen, um 8000 Centner einen Meter hoch zu heben. — Wenn diese Zahl, welche die mechanische Arbeit des Herzens ausdrückt, ungeheuer ist, so erklärt die schnelle Umtreibung des Blutes im Körper zugleich die blitzähnliche Wirkung vieler Gifte, welche in das Blut und durch dieses zu den Centralorganen des Nervensystemes gelangen.

Je weiter vom Herzen weg man dem Blutlaufe folgt, desto langsamer wird er und desto unmerklicher wird der Puls, bis letzterer endlich gänzlich aufhört und in den fernsten und dünnsten Arterienzweigen das Blut langsam in stetem, gleichmäßigem Strome dahinfließt. Auch diese Erscheinungen lassen sich auf die befriedigendste Weise aus physikalischen Grundsätzen erläutern. Die Reibung des Blutes gegen die Arterienwände ist zwar nicht sehr bedeutend, da diese letzteren sehr glatt und eben sind, allein

sie bildet doch immer ein Moment der Hemmung. Weit wesentlicher aber wirkt zu dieser Verlangsamung des Blutstromes die Erweiterung der Blutbahn ein. Es ist eine bekannte Sache, daß die Schnelligkeit eines Stromes in erweitertem Bette abnimmt und in ausgedehnten Becken und Seen sich fast auf Null reducirt; es ist eine Thatsache, daß in geschlossenen Röhren dasselbe Statt findet. Bei der Vertheilung der Blutgefäße ist dies Gesetz in Anwendung gebracht. Zwar sind die Zweige einer Arterie, jeder einzeln genommen, stets dünner als der Hauptstamm, aber die Gesammtsumme ihres Inhaltes übertrifft denjenigen des Hauptstammes stets um ein Bedeutendes. Die Unterleibsaorta z. B. theilt sich in der Tiefe des Beckens in zwei große Schlagadern, die Hüftschlagadern. Eine einzelne Hüftschlagader für sich genommen ist nicht so groß als die Aorta, aber ihr Durchmesser beträgt doch wenigstens zwei Drittel von dem Durchmesser der Aorta, so daß die beiden Hüftschlagadern zusammengenommen den Aortendurchmesser um ein Drittel wenigstens überwiegen. Alle Aeste der Arterien, wie der Venen, verhalten sich auf die gleiche Weise, und je weiter die Vertheilung der feinen Aeste und der Capillargefäße geht, desto ausgedehnter wird auch die Blutbahn und desto langsamer der Kreislauf. Man hat nicht mit Unrecht gesagt, daß ein jedes Gefäßsystem bei idealer Aufzeichnung der Lumina einen Kegel bilden würde, dessen Spitze im Herzen, die Basis in den peripherischen Capillaren läge.

Das Verschwinden des Pulses in den entfernten feinen Arterienzweigen beruht nicht bloß auf der Abnahme des Herzstoßes in der Entfernung. Denn wie bedeutend die Kraft des Herzstoßes noch in den Beinen sei, lehrt leicht die einfachste Beobachtung. Man fixire nur aufmerksam bei einem Manne, der sitzend die Beine übereinander geschlagen hat, das frei in der Luft schwebende Bein, und man wird bald den Pulsschlag an den regelmäßigen Hebungen und Senkungen des Fußes zählen können. Das Bein bildet in dieser Stellung einen äußerst langen Hebel, etwa wie der Zeiger an einem Kraftmesser, und deshalb werden die pulsatorischen Bewegungen der Kniekehlenschlagader

sichtbar, da sie einem langen Hebelarme mitgetheilt werden. Das Verschwinden des Pulsschlages, der Uebergang des abgesetzten, rhythmischen Stoßes in ein gleichförmiges Fließen, das in den engeren Arterien und Capillaren Statt hat, hängt von der durch die Elasticität bedingten Summirung aller einzelnen Stöße ab. Die elastische Gefäßwand setzt der Ausdehnung einen gewissen Widerstand entgegen, der endlich sich so weit erhebt und addirt, daß er der Stoßkraft Gleichgewicht hält und somit die Gleichförmigkeit des Stromes hergestellt ist.

Die Capillargefäße bilden den unmittelbaren Uebergang zwischen Arterien und Venen, und in diesem feinen Röhrennetz tritt das Blut in unmittelbare Wechselwirkung mit der Substanz der Organe. Die Beobachtung hat dargethan, daß alle Haargefäße, selbst die feinsten, stets ihre gesonderten deutlichen Wandungen haben, daß die Gefäßröhren überall vollkommen geschlossen sind und demnach zwischen umgebender Substanz und kreisendem Blute nur mittelst Durchdringung der Gefäßwände Austausch von Stoffen Statt finden kann. Diese Durchdringung der Gefäßwände ist aber nur bei flüssigen oder gasförmigen Substanzen möglich; feste in den Blutstrom eingeführte Körper können nur in äußerst fein zertheiltem Zustande durch die Poren der Gefäßwandungen hindurch gelangen. Deshalb können auch die festen, in dem Blute schwimmenden Körperchen, deren Eigenschaften wir später kennen lernen werden, die Blutkörperchen, keinen directen Einfluß auf die Ernährung haben, sondern nur durch stete Zerstörung und Auflösung im Blutwasser mit der umgebenden Substanz der Organe in Wechselwirkung treten. Die Bewegung des Blutes in den Haargefäßen hängt einzig und allein von dem Stoße des Herzens ab; es tritt hier keine neue unbekannte Kraft hinzu, wie man früher glaubte. Die Wandungen der Haargefäße sind auf sehr eigenthümliche Weise gebildet. Sie sind außerordentlich durchdringlich für Flüssigkeiten und gasförmige Stoffe, und die Prozesse der Endosmose und Exosmose oder des Austausches von Stoffen durch thierische Membranen sind hier in größtem Maßstabe entwickelt. Die Haargefäße sind aber auch

sehr contractil und namentlich für Temperaturwechsel und andere, vom Organismus selbst ausgehende Reize außerordentlich empfindlich. Anwendung von Kälte kann sie fast bis zu gänzlicher Verschließung bringen und durch diese bedeutende Zusammenziehungsfähigkeit üben sie einen mächtigen Einfluß auf die Gesammtheit des Blutkreislaufes aus. Man stelle sich die Capillaren eines Organes bis auf die Hälfte, auf ein Drittel ihres Volums zusammengezogen vor; — es wird dann auch nur die Hälfte, das Drittel der für das Organ bestimmten Blutmenge in dasselbe eintreten können und die übrigen Organe mit Blut überfüllt werden.

Alle diese Verhältnisse der Capillaren erforderten die angestrengtesten Bemühungen und ausgedehntesten Beobachtungen zu ihrer endlichen Feststellung. Namentlich gegen die Existenz eigener Wandungen stritten mehrere vortreffliche Beobachter, welche die Capillargefäße nur für in der Substanz ausgehöhlte Rinnen ansehen wollten. Indeß verhallen solche Stimmen immer mehr und mehr, und die Ueberzeugung, daß alle Capillargefäße in sich abgeschlossen sind und wenigstens beim Menschen und den höheren Thieren nirgends eine Oeffnung zeigen, ist jetzt zum allgemein angenommenen Axiom geworden.

Es giebt wohl keine anziehendere Beobachtung unter dem Mikroskope, als diejenige des Blutlaufes in den feineren Gefäßen eines lebenden Thieres. Man wählt dazu die durchsichtigen Theile, wie z. B. die Schwimmhaut zwischen den Zehen des Frosches, den Schwanz der Kaulquappen, das Netz chloroformirter Mäuse, oder auch die durchsichtigen Embryonen und Jungen von Fischen, bei welchen man sogar den ganzen Kreislauf übersehen kann. Man sieht dann in den kleinen Arterien noch den pulsirenden, in den Haargefäßen und Venen den gleichmäßigen Strom; man sieht die Blutkörperchen sich drängen, schieben, rollen, mit Lymphkörperchen dazwischen; man sieht in den Haargefäßen den schnelleren Mittelstrom, in welchem vorzugsweise die Blutkörperchen dahin schießen und den durch die Reibung bedeutend verlangsamten Randstrom, in welchem einige farblose Körperchen schweben.

Bei richtiger Behandlung der Thiere, Anfeuchtung z. B. der ausgespannten Schwimmhaut des Frosches, kann man Stundenlang unausgesetzt beobachten, ohne daß der Kreislauf stockte.

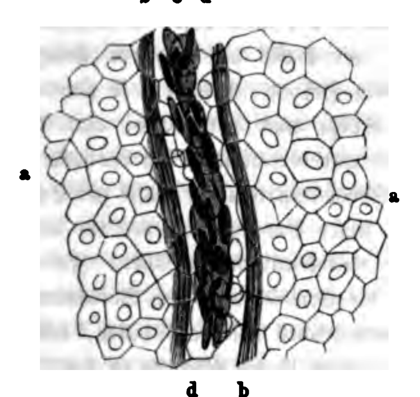


Fig. 9.
Ein Haargefäß in der Schwimmhaut des Frosches unter ziemlich starker Vergrößerung gesehen. a. Die Zellen, welche die Schwimmhaut bedecken. b. Wände des Gefäßes. c. Mittelstrom der Blutkörperchen d. Randstrom mit darin schwimmenden Lymphkörperchen.

Auf dieselbe Weise, wie die Arterien sich allmählich in die Haargefäße auflösten, setzen sich aus denselben die Venen zusammen. In dem Bereiche des Capillarkreislaufes ist es unmöglich, zu entscheiden, wo die Arterie aufhört, wo die Vene beginnt. Die bewegende Kraft, welche auf das in den Venen befindliche Blut einwirkt, ist ebenfalls einzig und allein der Herzstoß. Da aber dieser schon in den Capillaren in einen gleichmäßigen Druck sich umgewandelt hat, so wird er auch in den Venen in dieser Weise bleiben, wenn gleich immer noch eine geringe Oscillation in dem Drucke sich je nach Systole und Diastole des Herzens bemerken läßt. Aus einer angestochenen Vene, beim Aderlaß z. B., spritzt das Blut in continuirlichem Strome, der abwechselnde Wellen zeigt, die aber nur unbedeutend sind; aus einer verletzten Arterie springt es in Absätzen; es ist etwa der gleiche Unterschied wie zwischen dem Strahl einer Feuerspritze und dem einer einfachen Pumpe ohne Luftkasten. Der Druck, unter dem sich das Blut in den Venen bewegt, ist nur noch gering; die Geschwindigkeit des Blutlaufes ist indeß etwas größer, als in den Capillaren, weil durch die allmähliche Sammlung der

Venen in einzelne Stämme das Blut in stets engere und engere Räume einzutreten genöthigt ist. Das Verhältniß der Aeste zu den Stämmen ist bei den Venen durchaus dasselbe, wie bei den Arterien; der Strom des Blutes geht aber von den Zweigen aus nach dem Stamme hin. Stellen wir uns beide Gefäßsysteme unter dem Bilde zweier, mit der Basis an einander gelegter Kegel vor, deren Spitzen in dem Herzen sich finden, so geht der arterielle Blutstrom von der Spitze nach der Basis, aus dem engeren in den weiteren Raum und verlangsamt sich deshalb zusehends, während die venöse Strömung von der Basis zur Spitze gerichtet ist und deshalb, bei steter Verengerung des ihr angewiesenen Raumes, eine stete Beschleunigung erfährt. In der Nähe des Herzens tritt durch die Erweiterung der Vorkammern bei der Diastole ein neues bewegendes Moment hinzu, indem das Blut durch die Entstehung eines leeren Raumes in den Vorhöfen von diesen angesogen wird, wie das Wasser durch einen Gummibeutel, den wir zusammengedrückt haben und wieder sich ausdehnen lassen, während wir seine Oeffnung in die Flüssigkeit tauchen. Trotz dieser Verhältnisse würde aber der Venenkreislauf den bedeutendsten Störungen unterworfen sein, wenn nicht durch besondere Klappen im Innern der Venen manchen Uebelständen vorgebeugt wäre. Die Venen haben keine solche elastische Wandungen wie die Arterien, sie können dem Drucke der umgebenden Theile bei Bewegungen, Stellungsänderungen 2c. keinen Widerstand leisten, und dieser Druck ist oft wenigstens stärker, als der im Innern der Vene durch das Blut ausgeübte. Dieses würde demnach bei jedem solchen Drucke nach der Peripherie hin zurückgestaut werden und Hemmungen des Capillarkreislaufes veranlassen, wenn nicht Taschenventile angebracht wären, welche sich dem Rückprallen des Blutes gegen die Peripherie hin entgegenstemmen und das Lumen der Vene verschließen. An den unteren Körpertheilen, den Beinen, wo das Venenblut der Schwere entgegen von unten nach oben in die Höhe geschafft werden muß, haben diese Ventile auch den Nutzen, daß sie bei momentanem Nachlasse des Blutdruckes vom Herzen aus das Zurücksinken der

Blutsäule nach unten verhindern. Daß sie nicht einzig zu diesem Endzwecke angebracht sind, lehrt ihre Anwesenheit in den Venen des Halses, wo das Venenblut in seinem Strome der Richtung der Schwere folgt, so wie ihre Abwesenheit in solchen Venen, welche keinem Drucke der umgebenden Theile unterliegen können. An den oberflächlichen Hautvenen der Hände kann man sich leicht von der Gegenwart dieser Klappen überzeugen. Ballt man die Faust, so treten die blauen Gefäße auf dem Handrücken deutlich hervor. Setzt man nun den Ringfinger der anderen Hand in der Nähe der Fingergelenke so fest auf, daß man die Vene ganz zusammendrückt und streicht nun mit dem Zeigefinger etwas drückend nach dem Arme hin, um das Blut zu entleeren, so wird sich ein Theil der entleerten Vene vom Arme her nicht füllen und an der Grenze der entleerten Stelle, wo die Klappe angebracht ist, eine deutliche Aufwulstung durch den Druck des Blutes gegen das Ventil sich bilden.

Suchen wir nun die Resultate der vorliegenden Untersuchungen in einige übersichtliche Sätze zusammenzufassen, so wären diese etwa folgende. Das Blut kreist in beständigem Umschwunge in einem Systeme von durchaus und überall geschlossenen Röhren. Der Kreislauf geschieht stets in derselben Richtung : aus der linken Herzhälfte in den Körper, von dort in die rechte Herzhälfte, aus dieser in die Lungen und aus den Lungen in das linke Herz zurück. Die Arterien sind Leitungsröhren vom Herzen zur Peripherie; die Venen Leitungsröhren von der Peripherie zum Herzen. Die Capillargefäße sind die Vermittler aller Prozesse des vegetativen Lebens, der Ernährung, Aufsaugung und Absonderung. Nur in den Capillargefäßen erleidet das Blut als solches physikalische und chemische Veränderungen. In den Capillaren des Körpers wird es dunkel violett, mit Kohlensäure geschwängert, in denen der Lungen hellroth und sauerstoffhaltig; die Umwandlungen können nur durch Imbibition und Durchdringung der überall geschlossenen Gefäßwandungen vor sich gehen. Die Kraft, welche das Blut bewegt, geht einzig und allein von dem Herzen aus. Das Herz ist eine mit Ventilen versehene

Druckpumpe, die nach bestimmten physikalischen Gesetzen eingerichtet ist und diesen gemäß arbeitet.

Und so wäre es denn der Physiologie gelungen, das Herz, das so unruhig bewegte in der Menschenbrust, zu zähmen, ihm Fesseln anzulegen und Gesetze aufzubürden? Es wäre Erdichtung, die Theilnahme, welche wir ihm an unseren Gefühlen zuschreiben; und wenn wir unserer alten Gewohnheit nach reden vom stärkeren Schlage unseres Herzens, von freudigem Pochen und angstvollem Erzittern, so wären das nur bildliche Redensarten, schöne Träume einer regen Phantasie? Es wäre uns gegangen, wie dem Peter in Hauff's Mährchen vom Tannhäuser, dem man das lebendige Herz aus der Brust riß und ein steinernes einsetzte, das zwar auch pochte und das Blut umtrieb; das aber keinen Antheil nahm an seinen Leiden und Freuden, das in Liebe und Haß gleichmäßig fortschlug, wie das Ticktack einer Uhr? Nein! wahrlich nein! so weit geht unsere Mechanik nicht. Sie lehrt uns die Gesetze der physikalischen, an dem Herzen und den Gefäßen angebrachten Kräfte und deren Wirkungen kennen; allein Beobachtung und Reflexion zeigen auch, wie sehr die Anwendung dieser Kräfte von einem höheren Leiter, von dem Nervensysteme, abhängt und wie sehr jeder dort empfangene Eindruck sich in dem Maße und der Art der Herzbewegungen so wie in der Vertheilung des Blutes abspiegelt und reflectirt. Wir täuschen uns nicht, wenn wir in der Begeisterung unser Herz voller schlagen, in der Angst, der Erwartung es krampfhaft erzittern fühlen; — wir täuschen uns nur, wenn wir dem Herzen unmittelbar diese Theilnahme zuschreiben; es ist nur der Reflector der von dem Centralorgane des Nervensystemes, dem Gehirne, aufgenommenen Eindrücke und Empfindungen, und auf Reizungen, welche von diesen Centralorganen ausgehen, reagirt es sogar weit heftiger, als auf direct angebrachte Irritation. Wir täuschen uns nicht, wenn wir fühlen, daß durch die Scham unsere Wange erröthet, durch die Furcht dagegen erblaßt — wir täuschen uns nur, wenn wir diese Veränderungen dem Blute zuschreiben, während die Gefäßnerven es sind, unter deren Herrschaft die Blutvertheilung

steht, durch deren Erregung vom Gehirne aus die Gefäße sich verengen, durch deren Erschlaffung und Erlahmung sie aber sich erweitern und von Blute strotzen. Daß aber großentheils auf solch engem Zusammenhange des Herzens und seiner Bewegungen, der Erweiterung und Verengerung der Gefäße mit dem Gehirne der Einfluß des letzteren auf die vegetativen Prozesse des Lebens beruhe, scheint keinem Zweifel unterworfen. Kummer, Angst und Sorge reiben den Körper auf; froher Muth, heiterer Sinn, ein gewisses Maß in Affecten und Leidenschaften erhalten die Gesundheit und Lebensfrische. Das sind Erfahrungen, die jeder im Leben bestätigt finden kann; der Grund des Zusammenhangs dieser Erscheinungen ist nicht so leicht klar zu machen. Aber von der steten Erneuerung des Blutes hängt die Ernährung, die Athmung, das ganze vegetative Leben ab; und die Erneuerung und Bewegung des Blutes sind mit der Herzbewegung selbst auf das Innigste verknüpft. Wo der eine Factor fehlt, da wird auch die ganze Summe unrichtig, und wo Uebermaß der Leidenschaften, ungestümer Wechsel der Affecte oder anhaltender Einfluß deprimirender Geistesstimmung die Thätigkeit des Herzens und der Gefäße unregelmäßig machen oder lähmend darauf einwirken, da kann auch der Blutlauf und somit die Ernährung des Körpers nicht in gehöriger Weise vor sich gehen.

Zweiter Brief.

Das Blut, die Lymphe und der Chylus.

Das Blut, so wie es aus der geöffneten Ader springt, so wie es im lebenden Körper kreist, ist nicht eine einfache, homogene rothe Flüssigkeit ohne weitere Zusammensetzung. Es besteht aus zwei wesentlichen Formbestandtheilen : den rothen und farblosen Blutkörperchen, und dem Plasma oder der Blutflüssigkeit. Seine Farbe, die im Ganzen ein helles Kirschroth ist, scheint nicht unter allen Verhältnissen gleich. In der Jugend, bei lebhafter Bewegung, bei zarten, blutarmen Individuen ist das Blut heller, bei Menschen mit sitzender Lebensart und kräftigem Körperbau meistens dunkler. Die Luft wirkt schon in dem Augenblicke des Ausfließens auf die Farbe ein. Das Blut, welches aus einer weit geöffneten Ader hervorstürzt, ist dunkler als dasjenige, welches bei langsamem Ausfließen in feinem Strahle mit der Luft in innigere Berührung gekommen ist. Das Blut aus den Schlagadern, welches bei Verwundungen derselben in abwechselnden Stößen hervorspringt, erscheint mehr kirschroth mit einem Stich ins Zinnoberrothe, während das venöse Blut eine violette Färbung zeigt. Der eigenthümliche Geruch ähnelt demjenigen der Hautausdünstung und rührt wahrscheinlich von einem dem Blute beigemengten Fette her, das durch die Haut abgeschieden wird. Das specifische Gewicht mag im Mittel etwa 1,055 betragen. Weiber und Jünglinge haben leichteres, dünneres Blut, als erwachsene Männer. Indessen wechseln auch diese Verhältnisse ungemein, je nach dem Gesundheitszustande des Individuums oder nach der Aufnahme fester oder flüssiger Nahrungsmittel.

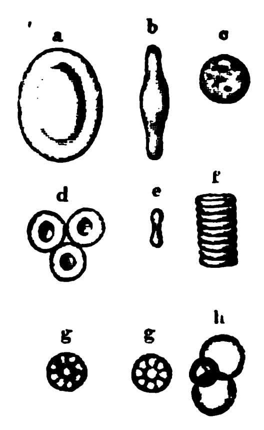


Fig. 10. Blutelemente des Frosches, bei 500maliger Vergrößerung. a. Ovales Blutkörperchen, von der Fläche aus gesehen. b. Dasselbe von der Kante aus. c. Farbloses Lymphkörperchen.

Fig. 11. Blut- und Lymph-Elemente des Menschen, bei 800facher Vergrößerung. d. Blutkörperchen von der Fläche gesehen. e. Eines von der Kante aus. f. Rolle von aneinander geklebten Blutkörperchen. g. g. Farblose Lymphkörperchen. h. Fettbläschen (Oeltröpfchen) aus dem Chylus, welche diese Flüssigkeit milchig machen.

Unter den Formbestandtheilen des Blutes, die sich nur mit dem Mikroskope unterscheiden lassen, fallen vor Allem die rothen Blutkörperchen ins Auge; kleine, runde, elastische Scheibchen, welche im Mittel $^1/_{182}$ Millimeter im Durchmesser haben. Unter dem Mikroskope erscheinen sie von schwach gelblicher Farbe, während ihre Anhäufung in großen Massen dem bloßen Auge die erwähnte Farbennüance entgegenstellt. Bei dem Menschen haben die Blutkörperchen die Gestalt einer in der Mitte etwas vertieften kreisrunden Scheibe mit dickerem Rande, so daß man sie nicht unpassend mit Münzen verglichen hat. Sie scheinen in ihrer Masse ganz homogen zu sein; — wenigstens sind die Erscheinungen, die man bald auf Anwesenheit eines Kernes, bald auf die eines leeren Raumes in ihrer Mitte zu deuten suchte, entweder nur optische Täuschungen, oder durch die äußeren Einflüsse bedingte Veränderungen. Bei den viel größeren ovalen Blutkörperchen der Frösche tritt freilich ein Kern, der sogar eine mittlere Auftreibung veranlaßt, auf das Deutlichste hervor; — allein auch hier behauptet ein neuerer, genauer Beobachter, daß der Kern nur eine Gerinnungserscheinung sei, bedingt durch den Einfluß der Luft auf die Masse des Blutkörperchens, und daß in solchen Körperchen, die nicht mit der Luft in Berührung kommen, kein solcher Kern zu sehen sei. Man hat viel von einer festeren

Hülle und einem flüssigen Inhalte der Blutkörperchen gesprochen; indessen dürfte man der Wahrheit näher kommen, wenn man annimmt, daß die Blutkörperchern im Ganzen aus einem schwammig aufgequollenen eiweißartigen Stoffe, dem sogenannten Hämatoglobulin bestehen, dessen äußere Schicht bedeutend fester ist, und durch verschiedene Einflüsse sich bald faltet und zusammenzieht, bald aufquillt und bis zum Platzen ausdehnt. Daß die Körperchen nur halbfest und elastisch seien, beweist namentlich die Untersuchung des Capillarkreislaufes in durchsichtigen Theilen solcher Thiere, welche, wie die Frösche, große Blutkörperchen besitzen. Sobald irgendwo an einem Zweige, an einer Beugung des Gefäßes eine Stockung der rasch dahinrollenden Blutkörperchen eintritt, wobei sie gedrängt und zusammengedrückt werden, so erleiden sie mechanische Formveränderungen, und oft sieht man Blutkörperchen, welche, um in ein sehr enges Haargefäß einzudringen, sich einbiegen, eiförmig und länglich werden, bis sie in freiere Räume gelangend ihre ursprüngliche Form wieder annehmen. Im kreisenden Blute schwimmen alle Blutkörperchen einzeln und gleiten leicht an einander vorbei; — aus der Ader gelassen oder beim Stocken des Kreislaufes legen sie sich gern mit ihren glatten Flächen an einander und kleben auf diese Weise zusammen, so daß sie kleine Säulchen bilden, die etwa wie Geldrollen aussehen. Der schwammige, leicht aufquellende Stoff der Blutkörperchen ist äußerst empfindlich gegen Einwirkungen jeder Art. In reinem Wasser, in Flüssigkeiten von schwächerem Concentrationsgrade als die Blutflüssigkeit, quellen die Blutkörperchen durch Wassereinsaugung auf, werden kugelig und platzen endlich, indem nur eine feine, hautartige Hülle zurückbleibt; in gesättigten Salz- und Zuckerlösungen schrumpfen sie ein, weil ihnen die Flüssigkeit Wasser entzieht. Andere Stoffe verändern sie durch chemische Einwirkung auf die mannigfaltigste Weise. Gase werden von ihnen mit großer Begierde eingeschluckt, und wie aus den oben angeführten Beobachtungen über die Existenz eines Kernes hervorgeht, können selbst Formveränderungen durch Gase hervorgebracht werden.

Zwischen den rothen Blutkörperchen findet man in wechselndem Verhältnisse farblose kugelige Körperchen von doppelter Größe, die deutlich aus einer äußeren durchsichtigen, sehr zarten Hülle, und einer inneren Körnermasse bestehen, welche letztere bald zu einem Kerne zusammengeballt, bald mehr zerstreut im Innern der Hülle liegt. Beim Frosche kann man diese farblosen Blutkörperchen in den Capillargefäßen der durchsichtigen Schwimmhaut zwischen den anderen circuliren sehen. In ihrem äußeren Ansehen, in ihrem Verhalten gegen fremdartige Einwirkungen gleichen diese farblosen Körperchen durchaus denjenigen, welche man in der Lymphe findet, und es unterliegt keinem Zweifel, daß diese Lymphkörperchen stets mit der Lymphe in das Blut ergossen und so den gefärbten Blutkörperchen beigemengt werden.

Merkwürdiger Weise zeigen diese farblosen Lymphkörperchen äußerst langsam vor sich gehende Gestaltveränderungen, indem sie zuweilen Fortsätze nach einer oder mehreren Seiten hin treiben, die sich später wieder ausgleichen, oder auch eine unregelmäßige Form erhalten. Mit fein zertheilten Farbstoffen (Carmin, Indigo) in Berührung gebracht, nehmen diese beweglichen Körper sie allmählich in sich auf, und durch die Fortsätze, welche sie treiben, kriechen sie langsam umher, sind also auch zu Ortsbewegungen befähigt. Sie betragen sich mithin vollständig wie jene niedersten Organismen, die man unter dem Namen von Amöben kennt und stellen die einfachste Formgestaltung der aus Sarcode oder Protoplasma gebildeten mikroskopischen Wesen dar, deren Unter-



Fig. 12.
a. 1—10. Die Gestaltveränderungen eines Lymphkörperchens innerhalb zehn Minuten. b. Sternförmiges Lymphkörperchen.

suchung neuerdings so eifrig betrieben wird. In dem Körperbau der höheren Thiere und des Menschen erscheinen sie als die erste lebendige Umbildung des in der Verdauung aufgenommenen organischen Stoffes.

Das Plasma oder die Blutflüssigkeit bildet eine klare, durchsichtige, ungefärbte Flüssigkeit, die so klebricht ist, daß sie sich zwischen den Fingern in dünne Fäden ziehen läßt. Es enthält diese Flüssigkeit eine große Anzahl von Stoffen aufgelöst, und wechselt, wie leicht begreiflich, in ihrer Zusammensetzung bedeutend, je nach der Aufnahme verschiedener Stoffe in die Blutmasse. Die klebrige Beschaffenheit der Blutflüssigkeit rührt hauptsächlich von Eiweiß her, welches in reichlicher Menge darin aufgelöst ist und in keiner Weise chemisch sich von dem Eiweiße der Hühnereier unterscheidet. Ein zweiter Bestandtheil der Blutflüssigkeit, der durch seine besonderen Eigenschaften noch mehr in die Augen fällt, als das Eiweiß, ist der Faserstoff, der zwar in dem lebenden Plasma aufgelöst ist, aber fast unmittelbar gerinnt und sich ausscheidet, sobald das Blut aus der Ader gelassen wird oder auch nur längere Zeit in den Adern stockt. Eiweiß, Faserstoff, sowie der im Blute noch nicht aber anderwärts gefundene Käsestoff gehören einer merkwürdigen Gruppe zusammengesetzter organischer Stoffe an, welche man mit dem Namen der Blutbildner bezeichnen kann und die sowohl im Pflanzen- als im Thierreiche weit verbreitet sind. Alle diese Stoffe, zu welchen als viertes wesentliches Glied das sogenannte Globulin gehört, welches indessen nur in den Blutkörperchen, nicht aber in der Blutflüssigkeit vorhanden ist, alle diese Stoffe, sage ich, besitzen nahe übereinstimmende Eigenschaften. Jeder derselben kommt in einer löslichen und unlöslichen Modification vor. Ihre Zusammensetzung, ohne vollkommen identisch zu sein, nähert sich doch bedeutend, und ihre Zersetzungsproducte sind oft identisch. Wenn gleich die Ansicht, wonach man glaubte, daß diese Stoffe Verbindungen eines organischen, aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Sauerstoff zusammengesetzten Körpers, einer organischen Basis, die man Proteïn nannte, mit verschiedenen Mengen von

Schwefel und Phosphor seien: wenn gleich diese Ansicht längst gefallen ist, so unterliegt es doch keinem Zweifel, daß diese Stoffe viele Beziehungen zu einander haben, und sich namentlich mit größter Leichtigkeit untereinander einer in den anderen verwandeln können. Faserstoff, Eiweiß und Käsestoff unterscheiden sich übrigens leicht durch ihr Verhalten. Wenn wirklich Faserstoff im lebenden Blute vorgebildet ist, worüber noch Zweifel bestehen, so kennt man kein anderes Lösungsmittel des Faserstoffes in unzersetztem Zustande, als das im lebenden Körper kreisende Blut; — nach dem Tode, nach dem Austritte des Blutes aus den Gefäßen scheidet sich der Faserstoff durch die Gerinnung aus. Das Eiweiß dagegen löst sich leicht im Wasser, gerinnt aber, sobald man dieses über 60 Grad R. erhitzt, und läßt sich durch Kochen vollständig ausscheiden. Das Globulin gerinnt erst bei höherer Temperatur, kann krystallisiren und wird durch Kohlensäure aus seiner Lösung gefällt. Der Käsestoff endlich bleibt bei jeder Temperatur im Wasser gelöst, er gerinnt aber durch Zusatz von Säuren oder von Lab (Schleimhaut des Kälbermagens) und schlägt sich in Flocken nieder.

Sobald das Blut aus der Ader gelassen ist, gerinnt es. Diese Gerinnung ist allein in dem Faserstoffe begründet, der sich meist in der Form von kleinen mikroskopischen Schollen und Blättchen aus dem Plasma niederschlägt und anfangs alle Flüssigkeit und alle Blutkügelchen in sich einschließt, so daß das Blut im Ganzen eine gelatinöse, weiche Masse bildet. Nach einiger Zeit aber, bei fortdauernder Contraction des Faserstoffes, preßt sich die Flüssigkeit nach allen Seiten heraus, und dieser Proceß dauert so lange fort, bis sich das gesammte Blut in zwei Theile geschieden hat: eine gelbliche Flüssigkeit, das Blutwasser oder Serum, und ein rothes, halbfestes Gerinnsel, der Blutkuchen oder Cruor. Verhindert man mittelst heftigen Schüttelns, Schlagens oder Quirlens des Blutes die Einschließung der Blutkügelchen durch den gerinnenden Faserstoff, so bildet sich kein Blutkuchen; — der Faserstoff setzt sich in Fäden und unregelmäßigen, weißlichen Flocken an die Stäbchen an, womit man

das Blut schlägt und kann auf diese Weise vollständig aus dem Blute entfernt werden. Alle Blutkörperchen bleiben in Folge dieser Behandlung mit dem Blutwasser zurück. Bei längerem Stehenlassen der rothen, ihres Faserstoffes beraubten Blutflüssigkeit, senken sich indeß die Blutkörperchen zu Boden und das helle gelbliche Serum schwimmt oben auf. Der Akt der Gerinnung ist demnach weiter nichts, als eine Ausscheidung des Faserstoffes aus dem Plasma. Das Serum ist entfaserstofftes Plasma, der Blutkuchen das Resultat der Verbindung des Faserstoffes mit den Blutkörperchen.

Auf welchem chemischen Prozesse die Gerinnung des Blutes beruhe, ist eine noch unerledigte Frage. So viel scheint gewiß, daß die Berührung mit dem Sauerstoffe der Luft und namentlich mit der Ozon genannten Modification des Sauerstoffes den wesentlichsten Einfluß darauf habe, daß sie aber nicht die einzige Ursache dieses annoch räthselhaften Vorganges sei. Viele Substanzen, namentlich concentrirte Salzlösungen, hindern die Gerinnung ganz, andere verzögern sie. Wahrscheinlich existirt der Faserstoff gar nicht vorgebildet im Blute, sondern wird erst dadurch erzeugt, daß eine gerinnungserregende Substanz mit einer gerinnungsfähigen zusammen im Blute sich findet und ähnlich wie ein Ferment auf letztere wirkt.

Die farbigen Blutkörperchen sind specifisch schwerer, als das Plasma; sie sinken in demselben zu Boden. Die Gerinnung des Blutes tritt aber meist so schnell ein, daß die Blutkörperchen keine Zeit haben, sich zu senken, weshalb dann das ganze Blut zu einer gleichförmig rothen Masse gesteht. In sehr faserstoffhaltigem Blute aber verbinden sich die Blutkörperchen schnell zu Säulchen und Geldrollen; sie senken sich in diesem Zustande weit schneller, weil sie durch ihre Verbindung weniger Fläche darbieten und somit auch der Widerstand der Flüssigkeit gegen ihren Fall geringer ist. Der an der Oberfläche des Blutes gerinnende Faserstoff schließt dann keine Blutkörperchen, wohl aber die specifisch leichteren farblosen Lymphkörperchen ein; die rothe Farbe fehlt ihm demnach, er ist gelblich, fast ungefärbt und bildet eine

hautartige Ausbreitung auf der Oberfläche des Blutkuchens, die Speckhaut. Es ist eine bekannte Sache, daß diese Speckhaut sich stets auf stark faserstoffhaltigem Blute findet, bei entzündlichen Krankheiten, Schwangeren u. s. w., und daß ihre Bildung nicht auf einer zeitlichen Verzögerung der Gerinnung, sondern auf der durch die Säulchenverbindung bedingten schnelleren Senkung der Blutkörperchen beruht.

So einfach im Ganzen die mikroskopische Analyse des Blutes erscheint, so schwierig und auch jetzt noch unvollkommen ist die chemische. Blutkörperchen und Plasma lassen sich nicht durch Filtriren trennen — man kann also beide nicht gesondert erhalten. Wohl aber senken sich die Blutkörperchen beim Stehenlassen im Plasma und lassen eine obere Schicht desselben ganz frei. Bestimmt man nun die Menge des Faserstoffes in dieser reinen Plasma-Schicht, so kann man daraus, da nur das Plasma Faserstoff enthält, den ganzen Gehalt an Plasma und folglich auch an Blutkörperchen in durchfeuchtetem Zustande, wie sie im Blute schwimmen, berechnen. Man erhielt nach dieser Methode in 1000 Theilen Pferdeblut 673,8 Plasma und 326,2 Blutkörperchen. Das Plasma ist größtentheils Wasser — 1000 Theile Plasma enthalten nur 91,6 feste Stoffe, während 1000 Theile Blutkörperchen 435,0, also fast die Hälfte feste Stoffe enthalten. Nach einer anderen Methode erhielt man für den Menschen folgende Resultate. In 1000 Theilen Venenblut eines gesunden Mannes von 25 Jahren finden sich dem Gewichte nach 513 Theile, also mehr als die Hälfte, Blutkörperchen, welche ihrerseits wieder eine bedeutende Menge Wasser, nämlich 681,6 Theile gegen 318,4 Theile fester Stoffe enthalten. Die menschlichen Blutkörperchen würden also nur etwa ein Drittel, die Blutkörperchen des Pferdes etwa die Hälfte fester Stoffe enthalten — ein bedeutender Unterschied, der indessen durch den Umstand eine Bestätigung finden würde, daß die Blutkörperchen des Pferdes sich weit schneller senken, als die des Menschen.

Berechnet man diese Zahlen im Verhältniß zu der früher (S. 25) bestimmten Gesammtmenge des menschlichen Blutes, die

5000 Gramm beträgt, so würden in den menschlichen Adern 2565 Gramm Blutkörperchen und 2435 Gramm Plasma kreisen; die Blutkörperchen würden 816,7 Gramm fester Stoffe, das Plasma 239,9 Gramm, die gesammte Blutmenge also 1056,6 Gramm, in runder Summe 1 Kilogramm fester Stoffe, den fünf und sechszigsten Theil des Gesammt-Körpergewichts enthalten.

Die Blutkörperchen bestehen zum größten Theile aus einem rothen, leicht krystallisirenden Stoffe, dem Hämoglobin, der äußerst unbeständig ist und durch verschiedene chemische und physikalische Einflüsse sich leicht in zwei Substanzen spalten läßt. Der eine ist ein leicht im Wasser löslicher Eiweißkörper, das Globulin, ein dem Eiweißstoffe der Krystalllinse und des Glaskörpers des Auges verwandter Stoff, der 1,1 Prozent Schwefel, aber keinen Phosphor enthält; seine absolute Menge beträgt auf 1000 Theile Blut etwa 152. Mit ihm ist in innigster Verbindung der rothe Farbstoff des Blutes, das Blutroth oder Hämatin, dessen Menge man auf 7,7 auf 1000 Theile Blut anschlagen kann und der namentlich dadurch merkwürdig ist, daß er die einzige Substanz des Körpers ist, welche Eisen in ziemlich bedeutender Menge enthält. Dieses Eisen ist ein nothwendiger Bestandtheil der Blutkörperchen. Die Bleichsucht beruht wesentlich auf dem Mangel dieses Metalles und wird durch seine Einführung in das Blut geheilt. Außer dem Eisen enthalten die Blutkörperchen noch von unorganischen Substanzen besonders Chlorkalium und phosphorsaure Salze, worunter besonders phosphorsaures Kali und Natron, so wie kohlensaures Natron, die sich in der Asche wiederfinden.

Wir sahen so eben, daß das Serum des geschlagenen Blutes sich von der Blutflüssigkeit nur durch den Mangel des Faserstoffes unterscheidet. Die absolute Menge des Faserstoffes in 1000 Theilen Blut beträgt aber nicht mehr als 3,93 oder in runder Summe 4 Theile, während der Eiweißgehalt im Durchschnitte 40 Theile beträgt. Außerdem sind in dem Serum noch etwa 4 Theile verschiedener Salze aufgelöst, die zu mehr als der

Hälfte aus Kochsalz, dann aber wesentlich aus kohlensaurem Natron, phosphorsauren und salzsauren Salzen bestehen.

Diese mineralischen Bestandtheile der Blutkörperchen und der Blutflüssigkeit, wenngleich in ihrer Menge gegen die übrigen Blutbestandtheile sehr zurückstehend, erscheinen dennoch von eben so bedeutender Wichtigkeit für den Haushalt des Körpers, wie viele andere organische Stoffe, deren Gewicht kaum angegeben werden kann. Manche dieser Stoffe sind nur deshalb in so geringer Menge im Blute vorhanden, weil sie von den Drüsen beständig ausgeschieden werden; — andere gehen im Umschwunge des Kreislaufes zu Grunde und lassen sich deshalb eher in dem Blute der einen als der anderen Adern nachweisen. So findet sich in der Blutflüssigkeit stets eine äußerst geringe Menge von Harnstoff, von Gallenfarbstoff, von Traubenzucker, von Buttersäure, von Gallenfett und verschiedenen anderen verseiften und nicht verseiften Fetten. Nach der Ausrottung der Nieren nimmt der Harnstoffgehalt im Blute bedeutend zu, bei gehemmter Absonderung der Galle und gestörter Leberthätigkeit häuft sich der Gallenfarbstoff so sehr in dem Blute an, daß er endlich in den Geweben des Körpers abgesetzt wird und die Gelbsucht erzeugt. Dies sind also Stoffe, welche in dem Körper erzeugt und durch die Drüsen beständig abgeschieden werden, während Käsestoff und Zucker vom Darmkanale aufgenommen und letzterer wenigstens größtentheils in den Lungen zu Grunde geht, so daß er nur in dem Systeme der Leber, nicht aber in dem hellrothen Blute gefunden werden kann.

Die anorganischen Bestandtheile, die man als Asche beim Verbrennen wiederfindet, sind durchaus eben so wichtig für den Haushalt des Körpers, als die organischen. Der Mensch kann eben so wenig ohne Kochsalz und phosphorsaure Salze leben, als ohne Eiweiß oder Fett. Die meisten Salze aber finden sich in dem Serum des Blutes aufgelöst. Kochsalz wiegt unter ihnen an Menge vor. Ihm zunächst stehen kohlensaure und phosphorsaure Alkalien, und zwar sind die anorganischen Bestandtheile so vertheilt, daß Phosphorsäure und Kali vorzugsweise in den Blut-

körperchen, die Chlormetalle, das Natron, der Kalk und die Bittererde, Schwefelsäure und Kohlensäure dagegen in der Blutflüssigkeit enthalten sind. Die Menge und das Verhältniß der anorganischen Stoffe zu einander wechselt indessen außerordentlich, je nach der augenblicklichen Einsaugung und den entsprechenden Ausscheidungen. Brod und Körnernahrung vermehren die Menge der phosphorsauren Alkalien im Blute, Gemüse dagegen diejenige der kohlensauren Salze, indem die meisten organischen Pflanzensäuren beim Uebergange in das Blut sich in Kohlensäure verwandeln.

Vergleicht man die Zusammensetzung des Blutes im Ganzen mit derjenigen des Körpers, so wird man durch die Aehnlichkeit der Bestandtheile beider überrascht. Die Hauptorgane des menschlichen Körpers bestehen aus Eiweiß, Faserstoff und Fett, die sämmtlich in dem Blute nachgewiesen sind, und die Modificationen dieser Stoffe, die wir in dem lebenden Körper finden, scheinen sämmtlich aus den im Blute vorhandenen Bestandtheilen hervorgehen zu können. Die Auswurfsstoffe fehlen ebenfalls nicht und die feuerbeständigen Stoffe der Asche sind ihren Elementen nach im Körper und im Blute gleich. Man kann demnach mit Recht sagen, daß das Blut der aufgelöste Organismus sei. Wir werden in der Folge sehen, wie in der That alle Stoffumwandlungen des Körpers in dieser beständig kreisenden Flüssigkeit ihren Mittelpunkt finden, wie alles, was der Körper aufnimmt, durch das Blut an den Ort seines Verbrauches hingeschafft, alles, was er ausscheidet, ebenfalls an die Stelle der Aussonderung gebracht wird, und wie auf diesem Wege theils in der Blutmasse selbst, theils in den Organen, welche von ihr durchlaufen werden, die mannigfaltigsten Metamorphosen Platz greifen, deren Erforschung zum größten Theile noch eine Aufgabe der Wissenschaft ist. Es darf demnach nicht verwundern, wenn die mannigfaltigsten individuellen und temporären Verschiedenheiten in der Blutmischung sich nachweisen lassen, da man diese gleichsam als von drei verschiedenen Factoren abhängig ansehen kann : von der individuellen Beschaffenheit, von der Auf-

nahme fremder Stoffe und von der Ausscheidung unnütz gewordener Substanzen. Daß das Ineinanderspielen dieser drei Einflüsse die vielfachsten Wechsel erzeugen und somit der Untersuchung die mannigfaltigsten Hindernisse entgegenstellen müsse, ist klar. Vermehrt werden aber diese Hindernisse noch durch die Schwierigkeit und Länge der Untersuchung an sich und durch die Unzulänglichkeit der Mittel, welche die Chemie besitzt, wenn es sich darum handelt, kleine Mengen von Stoffen nachzuweisen, die keine wesentlich charakteristische Reaction besitzen. Wenn man bedenkt, daß die ungemein kleine Menge von Kuhpockengift, welche beim Impfen in die Blutmasse gebracht wird, in dieser eine so heftige Revolution bewirkt, daß Entzündung, Fieber, allgemeine Krankheit des ganzen Körpers, Ausschlag und Pockenbildung die unmittelbare, und eine, Jahrelang andauernde Veränderung der Empfänglichkeit für die Pockenansteckung die mittelbare Folge dieses unbedeutenden Eingriffes sind; wenn man andererseits bedenkt, daß die Menge des so eingebrachten Stoffes so gering, so verschwindend klein und die dadurch bewirkte Veränderung der Blutmasse so unbedeutend ist, daß weder Mikroskop, noch chemisches Reagens bis jetzt darüber haben Auskunft ertheilen können; so muß man sich gestehen, daß trotz aller unserer mühevollen Untersuchungen es bis jetzt noch nicht gelungen ist, die Vorgänge und Veränderungen, welche im Inneren der Blutmasse Statt finden, wissenschaftlich klar darzulegen.

Die specifischen Unterschiede der beiden Blutarten, nämlich des arteriellen oder hellrothen und des venösen oder dunklen Blutes, beruhen hauptsächlich auf der Farbe und auf der Menge der einzelnen Bestandtheile. Formverschiedenheiten zwischen den Blutkörperchen dieser beiden Blutarten haben selbst die gewiegtesten Mikroskopiker noch nicht mit Sicherheit entdecken können; der einzige dem bloßen Auge sogleich auffallende sichere Charakter ist die Farbe. Selbst in sehr verdünnter Lösung zeigt sich die Verschiedenheit der Nüancen noch deutlich. Das hellrothe Blut gerinnt schneller und sein Blutkuchen wird fester, als derjenige des venösen; es ist reicher an Faserstoff, Salzen, Extractivstoffen,

Zucker und Wasser, dagegen ärmer an Blutkörperchen, Eiweiß und Fetten, als das venöse. Das specifische Gewicht des arteriellen Blutes ist auffallender Weise, den übereinstimmenden Beobachtungen der meisten Forscher zu Folge, geringer, als dasjenige des dunkelrothen Blutes; eine Erscheinung, die mit dem größeren Wassergehalte des arteriellen Blutes zusammenhängt. In der That fand man bei einer vergleichenden Analyse des Pferdeblutes in 1000 Theilen Blut folgende Verhältnisse:

	Venöses Blut	Arterielles Blut
Eiweiß und Salze . .	81,23	78,03
Faserstoff	4,97	5,30
Blutkörperchen . . .	98,67	96,87
Wasser	815,13	819,80

Vergleicht man diese Zahlen unter einander, so findet man, daß das Verhältniß der Blutkörperchen und des Eiweißes zum Wasser etwa dasselbe in beiden Blutarten ist, daß aber nicht nur die relative, sondern auch die absolute Menge des Faserstoffes im arteriellen Blute bedeutender ausfällt. Wir müssen diese Resultate hinnehmen, so wie sie die Chemie uns gibt; allein es ist nicht zu verkennen, daß sie mit den Ergebnissen des Athmungsprozesses nur schlecht im Einklange stehen. Diesem zufolge sollte das arterielle Blut weniger Wasser enthalten, concentrirter sein, als das venöse, da in dem Athmungsprozesse Wasser ausgeschieden wird. In der That geben auch einige Chemiker das arterielle Blut als concentrirter und weniger wässerig an, als das venöse; allein die Mehrzahl widerspricht dieser Behauptung. Vielleicht hängt der größere Wassergehalt des arteriellen Blutes von der Zufuhr der Lymphe ab; diese ist bekanntlich viel wässeriger als das Blut, und da sie sich unmittelbar vor dem Herzen in den venösen Strom ergießt, so betreffen die an venösem Blute angestellten Untersuchungen nur solches Blut, welchem sich die Lymphe noch nicht beigemischt hat.

Der Gehalt an Gasen, welche in dem Blute enthalten sind, scheint sehr nach den Umständen zu wechseln. In einem späteren Briefe werden wir genauer zu bestimmen suchen, an welche Be-

standtheile des Blutes diese Gase gebunden sind; hier genügt es zu wissen, daß man durch die Luftpumpe sowohl, als auch durch Schütteln mit indifferenten Gasarten aus dem Blute Kohlensäure, Sauerstoff und Stickstoff entwickeln kann, und zwar in folgenden Verhältnissen.

100 Cubikcentimeter Hundeblut (von fünf Hunden) enthalten im Mittel:

	Arterielles Blut aus der linken Herzkammer		Venöses Blut aus der rechten Herzkammer
Freie Kohlensäure . . .	28,27	CC.	31,59
Gebundene Kohlensäure .	0,97	„	2,63
Sauerstoff	15,41	„	10,28
Stickstoff	1,48	„	1,14
Gase im Ganzen	46,13	„	45,64

Als gebundene Kohlensäure hat man diejenige Menge dieses Gases bezeichnet, welche sich erst durch Zusatz von Säure, nicht aber durch Auspumpen der Luft über dem Blute und durch mäßiges Erwärmen desselben im luftleeren Raume lostrennen läßt.

Man ersieht aus dieser Tabelle, daß die Menge der Gase überhaupt im arteriellen Blute nicht viel bedeutender ist, als im venösen; daß der Stickstoffgehalt etwa derselbe ist; daß aber das venöse Blut mehr freie und gebundene Kohlensäure, das arterielle dagegen weit mehr Sauerstoff enthält — ein Verhältniß, welches genau mit den Resultaten des Athemprozesses übereinstimmt, bei welchem Kohlensäure abgegeben und Sauerstoff eingenommen wird.

Das Verhältniß der Gase zum Blute ist sehr eigenthümlich und höchst wichtig zum Verständniß des Athmungsprozesses. Sauerstoff mit dunklem Blute geschüttelt färbt dasselbe hochroth und entbindet Kohlensäure; Kohlensäure mit arteriellem Blute geschüttelt färbt dessen rothe Farbe dunkel und wird verschluckt, aber ohne daß Sauerstoff entbunden würde. Durch Schütteln des so dunkel gefärbten Blutes mit Sauerstoff wird die hochrothe Farbe wieder hergestellt.

Nach Jahre lang fortgesetzten Streitigkeiten über die Ursache dieser Farbenveränderungen scheint es endlich festgestellt zu sein, daß die dunkle Farbe, wie sie in dem venösen Blute sich zeigt, die natürliche des Blutfarbestoffes ist, die durch Anwesenheit oder Abwesenheit von Kohlensäure nicht im Mindesten verändert wird, während im Gegentheile der Sauerstoff augenblicklich die Veränderung der dunklen Nüance in die hellrothe bewirkt.

So wie das Blut in stetem Kreislaufe, in beständigem, mechanischem Umschwunge durch den Körper sich befindet, so ist es auch in gleicher Weise in stetem Wechsel der Bestandtheile, in unaufhörlicher Umbildung, Zersetzung und Erneuerung begriffen. Schon an den Blutkörperchen selbst hat man die mannigfachsten Anzeichen beständiger Umbildung wahrzunehmen geglaubt. Die Einen werden sehr schnell von Reagentien angegriffen, während die Anderen, welche daneben liegen, nur sehr langsam der Zerstörung nachgeben; hier sieht man, in ganz gesundem Blute, einzelne aufgeschwollene, scheinbar in Auflösung begriffene Körperchen; dort andere, in deren Innerem körnige Bildungen, Krümchen oder Kerne auf eine niedere Stufe oder Bildung deuten, während wieder andere, ohne Kerne, auf der höchsten Stufe der Entwickelung angekommen zu sein scheinen; in manchen Organen, wie namentlich in der Milz, findet man Blutkörperchen in Zellen eingeschlossen, in mancherlei Stufen der Auflösung oder Neubildung. Vielleicht findet auch in der Leber ein massenhaftes Zugrundegehen und Aufbauen der rothen Blutkörperchen Statt.

Die Neubildung des Blutes ist hauptsächlich durch ein secundäres Gefäßsystem bedingt, welches mit dem Blutgefäßsysteme im Zusammenhange steht und das man das Lymphsystem genannt hat. In allen Theilen des Körpers, mit Ausnahme des Gehirnes, des inneren Ohres und Auges, finden sich feine, dünnwandige Kanäle, welche mit blinden Enden oder mit maschenförmigen Netzen in dem Gewebe beginnen, sich allmählich zu Stämmen zusammensetzen, die meist den Hauptblutgefäßen folgen, und endlich in einem großen Hauptstamm, dem Milchbrustgang, sich sammeln. Der Milchbrustgang läuft längs der Wirbelsäule

im Innern der Brusthöhle hinan und ergießt sich in die linke Schlüsselbeinvene. Die Lymphgefäße zeichnen sich durch mehrere Eigenthümlichkeiten vor den Blutgefäßen aus. Vor allen Dingen enthalten sie eine so große Anzahl von inneren Klappen, daß sie meist nach der Einspritzung wie Perlschnüre aussehen. Außerdem sind ihre Wände dünner und die Zweige nur selten zu einzelnen Stämmen gesammelt. Selbst die größeren Stämme bilden mehr netzförmige Räume und nehmen sich etwa aus, wie ein mit reichlichen Inseln versehener Fluß. Außerdem sind die contractilen Ringfasern in ihren Wänden bedeutend entwickelt und meist in verhältnißmäßig weit größerer Thätigkeit, als in den Blutgefäßen. Sie reagiren durch Zusammenziehung sehr intensiv auf äußere Reize, und es ist nicht selten, bei Operationen an lebenden Thieren Zusammenziehungen des Milchbrustganges und der größeren Lymphgefäße zu sehen. Diese Ringfasern sind indeß auch der einzige mechanische Apparat an den Lymphgefäßen zur Fortschaffung des flüssigen Inhaltes. Bei dem Blutgefäßsystem ist der mechanische Apparat auf einen einzigen Centralpunkt, das Herz, zusammengezogen; bei den Lymphgefäßen sind die bewegenden Momente über den ganzen Verlauf verbreitet. Von Stelle zu Stelle, von der Peripherie gegen den Milchbrustgang hin fortschreitend, ziehen sich die Ringfasern zusammen und pressen die in dem Lymphgefäße enthaltene Flüssigkeit nach beiden Richtungen hin aus. Allein dem Ausweg gegen die Peripherie hin stellen sich die zahlreichen Klappen entgegen; die Flüssigkeit wird demnach gegen den Milchbrustgang hingetrieben. Sobald die Zusammenziehung nachgiebt und das Gefäß sich öffnet, strömt natürlich von der Peripherie her wieder neue Lymphe ein, die durch eine neue Contraction wieder weiter geschafft wird.

Unstreitig ist indeß diese selbstständige Zusammenziehung der Lymphgefäße nicht das einzig wirksame Moment zur Fortbewegung ihres Inhaltes. Man hat die Bemerkung gemacht, daß in starren Theilen, die keiner selbstständigen Bewegung fähig sind, nur sehr wenige Lymphgefäße vorkommen, während sie da, wo Muskelcontraction und räumliche Wechsel aller Art sich finden, in großer

Anzahl vorhanden sind. Der abwechselnde Druck der umgebenden Theile wirkt gewiß ganz in derselben Weise, wie die selbstständige Contraction. Er treibt die Flüssigkeit vorwärts und bei seinem Aufhören strömt wieder neue aus der Peripherie ein, welche, der Stellung der Klappen nach, bei erneuertem Drucke weiter befördert wird. Nicht minder wirkt die Aufsaugung in den feinen Enden der Lymphgefäße, die einen Strom nach innen erzeugt, der mit einer gewissen Kraft die Flüssigkeit nach den weiteren Aesten und Stämmen treibt.

Die Anfänge der Lymphgefäße im Gewebe sind noch nicht so bekannt, wie es wünschbar wäre. Die Anordnung der Klappen, welche bis in die feinsten Aeste hin sich erhält, macht jede feinere Einspritzung der letzten Zweiglein außerordentlich schwierig, und unter dem Mikroskope gelingt es bei der hellen Farbe der darin eingeschlossenen Flüssigkeit nicht leicht, die feinsten Lymphgefäße aufzufinden und in ihrem Verlaufe zu verfolgen. In den Zotten des Darmkanals beginnen die Lymphgefäße jedenfalls mit einem einfachen oder gespaltenen Stamme, der gewöhnlich ein kolbiges Ende zeigt; in anderen Organen, wie namentlich an der Leberoberfläche, zeigen sich weitmaschige Netze, aus Gefäßchen bestehend, die einen weit bedeutenderen Durchmesser haben, als die Capillaren der Blutgefäße. An manchen Orten hat man einen Zusammenhang dieser Anfänge mit den Netzen gefunden, welche die Körperchen des Bindegewebes bilden, und am Zwerchfelle hat man Oeffnungen gesehen, durch welche sogar noch größere Zellen, als rothe Blutkörperchen, wie von einem Strudel in die Lymphgefäße eingeführt werden, so daß also die Flüssigkeiten, welche in der Bauchhöhle innerhalb des Bauchfelles sich befinden und die Schlüpfrigkeit der Darmwände bedingen, beständig von diesen Oeffnungen eingesaugt und durch die Lymphgefäße in den Blutstrom gebracht werden.

Eine weitere Eigenthümlichkeit der Lymphgefäße besteht in den zahlreichen sogenannten Drüsen, durch welche sie hindurchgehen. Diese Gebilde, welche sich namentlich am Halse, in der Achselgrube und der Schenkelbeuge, sowie in dem Gekröse des

Darmes in sehr großer Menge vorfinden, bestehen aus kleinen, meist etwa haselnußgroßen, bohnenförmigen, halbfesten Körpern, innerhalb deren die zuführenden Lymphgefäße in ein Höhlensystem mit seitlichen Aussackungen münden, die mit Drüsensäckchen einige Aehnlichkeit haben. Aus diesen Höhlungen gehen dann wieder die ausführenden Lymphgefäße hervor. Welchen Zweck diese Verknäuelungen der Lymphgefäße, auf denen sich zahlreiche Blutgefäße verbreiten, haben, ist noch nicht ermittelt worden; doch scheinen sich dort hauptsächlich lose Zellen zu bilden, welche dann als Lymphkörperchen von der Lymphe fortgeschwemmt werden. Jedenfalls stockt die Fortbewegung der Lymphe in den Drüsen und deshalb sind sie es auch, welche vorzugsweise bei Einsaugung fauliger Substanzen, sowie in manchen Krankheiten, wie z. B. der Skrophelsucht, afficirt werden. Schon mancher Anatom hat eine kleine Verletzung, welche er sich bei der Section einer in der fauligen Zersetzung begriffenen Leiche zugezogen, mit den heftigsten Entzündungen und Vereiterungen der Achseldrüsen, ja mit dem Tode büßen müssen.

Der Beschaffenheit der Flüssigkeit nach, welche in den Lymphgefäßen nach dem Venensystem zu geleitet wird, unterscheidet man zwei Arten von Saugadern: die eigentlichen Lymphgefäße mit klarem, hellem, durchsichtigem Inhalte, welche aus allen Theilen des Körpers stammen, und die Chylus- oder Milchgefäße, welche von dem Darmkanal ausgehen, und sich durch ein meist trübes, milchiges Ansehen der in ihnen enthaltenen Flüssigkeit auszeichnen.

Die Lymphe selbst, welche man schon in einigen seltenen Fällen aus Wunden am Fußrücken in ziemlich reichlicher Menge sammeln konnte, bietet in morphologischer und chemischer Hinsicht viel Aehnlichkeit mit dem Blute dar. Sie gerinnt wie dieses und bildet, indem ihr Faserstoff die in ihr enthaltenen Körperchen umhüllt und einschließt, einen Kuchen wie das Blut, der nur dadurch sich unterscheidet, daß er farblos ist. Es schwimmen in ihr Körperchen, welche mit den farblosen Körperchen, die man im Blute in geringer Anzahl findet, identisch sind, und an denen man mehr oder minder deutlich einen Kern und

eine Hülle unterscheiden kann; sie sind bedeutend größer als die Blutkörperchen.

Der Chylus oder Milchsaft unterscheidet sich nur durch seinen bedeutenden Gehalt an Fett von der Lymphe. Dies Fett ist in kleinen Tröpfchen oder Kügelchen in ihm abgelagert, und der Chylus erhält dadurch ein milchartiges Ansehen. Die Menge dieses Fettes richtet sich durchaus nach der Nahrung. Bei hungernden Thieren ist der Chylus blaß, selbst ganz durchsichtig; bei Genuß von stärkemehlhaltigen Substanzen wenig trübe, mehr noch nach Fleisch und Milch, völlig weiß und undurchsichtig nach Genuß von Butter.

Je näher der Chylus und die Lymphe dem Blutgefäßsystem kommen, desto ähnlicher werden sie auch dem Blute selbst, ohne indeß dessen Zusammensetzung gänzlich zu erreichen. Die Körperchen selbst, sowie die Flüssigkeiten werden allmählich röthlich, doch scheint dies eher von Beimischung rother Blutkörperchen, die bei den nöthigen Operationen kaum ganz vermieden werden kann, als von der Umwandlung der Lymphkörperchen in Blutkörperchen herzurühren.

Die chemische Zusammensetzung wird bei der Lymphe weniger wechseln, als bei dem Chylus, dessen Bestandtheile großentheils aus der Nahrung, also einer höchst wechselvollen Quelle abstammen. Die Lymphe des Menschen, die man aus ungeschlossenen Wunden von oberflächlichen Lymphgefäßen sammelte, wechselte nach den verschiedenen Analysen zwischen 935 bis 985 Theilen Wasser auf tausend Theile; der Salzgehalt beträgt ziemlich constant 7,5 Theile; der Faserstoff nur einen halben Theil; das Uebrige ist Eiweiß und Extractivstoffe. Die Salze bestehen größtentheils aus Kochsalz (5,67 Theile), schwefelsauren Alkalien, phosphorsauren Alkalien und Erden. Unter den Extractivstoffen befindet sich stets Zucker und Harnstoff.

Der Chylus zeigt außerordentlich wechselnde Mengen von Fett, je nach der Nahrung, von welcher auch die Menge und Qualität der Salze, sowie des Zuckers abhängt, der zuweilen ganz fehlen kann; Harnstoff scheint unter allen Umständen vor-

zukommen, als Beweis, daß derselbe zum Theil unmittelbar aus der Nahrung stammt, und nicht, wie man behauptet hat, einzig und allein aus dem Umsatz der Gewebe.

Vergleicht man die Zusammensetzung des Chylus mit derjenigen des Blutes, so springen die Unterschiede in die Augen. Während der Chylus im Ganzen wasserhaltiger ist, als das Blut, bieten die relativen Faserstoff- und Eiweißmengen nur geringe Verschiedenheiten dar; die in dem Blute enthaltenen Körperchen dagegen werden in dem Chylus durch eine bedeutende Menge von Fett gewissermaßen ersetzt. Auch die Extractivstoffe, besonders der Zucker, wiegen in dem Chylus bedeutend vor und ebenso sind die Salze relativ in weit bedeutenderer Menge im Chylus als in dem Blute vorhanden. Der Milchsaft bietet demnach eine beständige Ersatzquelle des Faserstoffes und Eiweißes, während er zugleich einen Ueberschuß von Fett, Zucker, Salzen, Extractivstoffen und Wasser in das Blut überführt. Noch mehr als der Chylus nähert sich die Lymphe, da sie weit weniger Fett enthält, in ihrer Zusammensetzung dem Blute. Sie ist eine verdünnte Blutflüssigkeit, in welcher im Verhältniß zum Eiweiß und Fett die löslichen Salze und Extractivstoffe vorwalten.

Der Stoffverkehr, welchen die Lymphgefäße besorgen, darf nicht unterschätzt werden. Nach den von verschiedenen Beobachtern angestellten Untersuchungen beträgt die Flüssigkeitsmenge, welche der Milchbrustgang innerhalb 24 Stunden in den Blutstrom ergießt, $^1/_6$ bis $^2/_5$ des Körpergewichtes, also bei einem 65 Kilogramm wiegenden Manne 10,5 bis 26 Kilogramm. Da nun ein erwachsener Mann mit 3 Kilogramm Nahrung, worunter 2600 Gramm Wasser, sich ausreichend ernährt, so wird die größte Menge dieser in das Blut ergossenen Flüssigkeit von der aus den Geweben zurückkehrenden Lymphe geliefert und nur ein kleiner Bruchtheil von der Nahrung — ein wichtiger Fingerzeig für die Ernährung der Körpergewebe überhaupt.

Berücksichtigt man nun, daß die Lymphe und der Chylus in unmittelbarer Nähe des Herzens in die Schlüsselbeinvene ergossen werden und nur das rechte Herz und die Lungen zu

durchlaufen haben, um in den arteriellen Blutstrom zu kommen, so läßt sich schon von vorne herein das wahrscheinliche Schicksal der einzelnen Bestandtheile des Chylus und der Lymphe errathen. Das überschüssige Wasser dunstet theils in den Lungen aus, theils wird es in den Nieren abgeschieden. Die Lymphkörperchen bilden sich wohl nur zum kleinsten Theile im Blutstrome allmählich zu Blutkörperchen um, während die meisten zur unmittelbaren Neubildung der Körpergewebe verwendet werden; die überschüssigen Salze werden in den Nieren, dem Secretionsorgan der salzigen Bestandtheile, entfernt, Faserstoff und Eiweiß bleiben in dem Plasma und ersetzen die demselben durch die Ernährung der Theile zugefügten Verluste. Das Fett löst sich großen Theils im Plasma auf und wird von diesem an bestimmten Orten abgesetzt.

Die Abhängigkeit, in welcher die Bildung des Chylus von der Art der Nahrung steht, ist so groß, daß man mit vollem Rechte zur Aufstellung des Satzes berechtigt ist, daß der Chylus zweier gleich genährter Thiere aus verschiedenen Gattungen nicht so verschieden ist, als derjenige zweier ungleich genährter Thiere derselben Gattung. Es beweist dies auf das Bestimmteste, daß den aufsaugenden Milchgefäßen des Darmes keine Auswahl unter den ihnen dargebotenen Stoffen des Darminhaltes frei steht, sondern daß sie aufnehmen, was gerade absorptionsfähig ist. Stände ihnen eine Auswahl zu, so würde die Qualität des Milchsaftes nicht zu den Nahrungsmitteln in einem Abhängigkeitsverhältniß stehen, sondern vielmehr bei einer und derselben Thiergattung stets dieselbe Zusammensetzung haben, was, wie erwiesen ist, nicht statt hat. Da mithin der Chylus in so naher Wechselwirkung mit dem Blute und der Blutbereitung steht, so ist diese auch wieder durchaus von der Art der Ernährung abhängig, und es ist sonach von der größten Wichtigkeit für die Wohlfahrt des ganzen Körpers, daß die Aufnahme von Nahrungsmitteln den Bedürfnissen der Blutmasse gehörig angepaßt sei. Wir werden in einem der folgenden Briefe darzuthun versuchen, daß die Milchgefäße hauptsächlich die Erneuerungsquelle

des Blutplasma's bilden, daß demnach von ihnen die normale Ernährung des Körpers großen Theils abhängt, während trotz der starken, in den Blutgefäßen des Darmes thätigen Aufsaugung diese weniger die normalen, als die zufälligen Bestandtheile des Plasma's aufnehmen.

Dritter Brief.

Die Verdauung.



Fig. 13.

Der Rumpftheil eines weiblichen Körpers, senkrecht durchschnitten, um die Lage der Brust- und Bauch-Eingeweide zu zeigen.

a. Das Herz. b. Bogen der Aorta. c. Gemeinschaftlicher Stamm der rechten Hals- und Schlüsselbeinschlagader. d. Linke Halsschlagader (Carotis). e. Linke Schlüsselbeinschlagader. f. Lungenschlagader. g. Lungenvene. h. Lungenfell. i. Herumschweifender Nerv (N. vagus). k. Zwerchfellsnerv. l. Linke Lunge. m, n, o. Zwerchfell. p. Linker Leberlappen. q. Mündung des Schlundes in den Magen (Cardia). r. Magen. s. Windungen des Dünndarmes. t. Querdarm. u. Absteigender Theil des Dickdarmes. v. Biegung desselben. w. Gebärmutter (Uterus). x. Harnblase. y. Mastdarm. z. Scheide. *α*. Das Schambein (Os pubis) quer durchgesägt. *β*. Lendenwirbel. *γ*. Rückenwirbel, nach rechts davon das Rückenmark in dem Kanal der Wirbel und darauf die Darmfortsätze der Wirbel mit den Muskelmassen des Rückens. *δ*. Die vordere Brustwand. *ε*, *ϑ*, *η*. Die Muskelwand des Bauches.

Die Maschine des Organismus bedarf einer beständigen Speisung, einer steten Zuführung von Substanzen, aus welchen die im Umschwunge des Stoffwechsels zersetzten Theile und Gewebe wieder aufgebaut werden. Zu dieser Stoffaufnahme hat die Natur in dem thierischen Körper ein eigenthümliches Rohr geschaffen, welches in den höheren Thieren an beiden Enden geöffnet ist; einerseits um die zur Nahrung bestimmten Substanzen aufzunehmen, und am anderen Ende, um die Reste, welche nicht aufgenommen wurden, auszuwerfen. Dies Rohr heißt der **Darmkanal** oder Nahrungskanal. Seine äußeren Formen, so wie seine inneren Bildungen wechseln in größter Mannigfaltigkeit, je nach der Beschaffenheit der Nahrung und der Eigenthümlichkeit der Gattung. Im Allgemeinen besitzen fleischfressende Thiere ein kürzeres, weniger gewundenes Darmrohr, an welchem nur ein größerer Behälter, der Magen, angebracht ist; pflanzenfressende Thiere sind mit längerem, vielfach gewundenem Darmschlauche versehen, und nicht nur ist der Aufnahmebehälter, der **Magen**, öfter mehrfach vorhanden, sondern auch an anderen Stellen sind zuweilen seitliche Ausstülpungen, Blinddärme angebracht, in welchen die der Verdauung unterworfenen Nahrungsstoffe länger verweilen. Die innere Bildung des Darmrohres selbst ist, bei den höheren Thieren namentlich, nach einem und demselben Typus angelegt.

Man unterscheidet drei Schichten : die äußerste seröse oder Bauchfellschicht, die mittlere Muskelschicht und endlich die innere Schleimhautschicht, welche unmittelbar mit dem Inhalte des Darmes in Berührung steht. Die äußerste Schicht wird aus einer sehr glatten, schlüpferigen, sehnigen Haut gebildet, deren glänzende, stets feucht erhaltene Oberfläche das Gleiten der Darmstücke bei ihren Bewegungen sehr befördert. Diese Schicht ist eine Fortsetzung des die ganze Bauchhöhle auskleidenden Bauchfelles, das an der inneren Fläche der Wände der Bauchhöhle, am Zwerchfelle und der Rückenwirbelsäule befestigt ist und beim Ueberziehen des Darmes Duplicaturen bildet, an denen der Darm hängt, etwa wie die umgeschlagene Laufröhre an einem Vorhange.

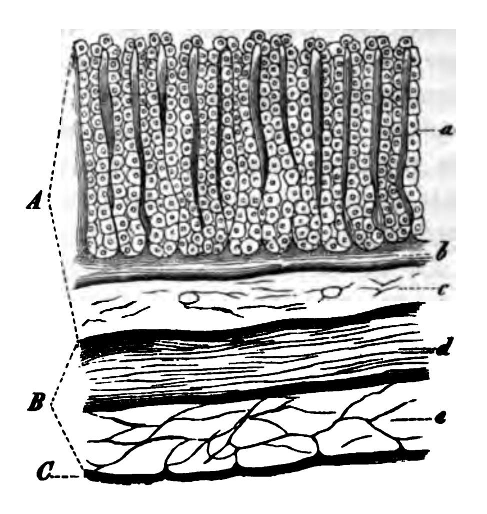


Fig. 14.

Senkrechter Durchschnitt durch die Magenhäute. A. Die Schleimhautschicht mit den Labdrüsen a, einer glatten Muskelschicht b und dem Bindegewebe c; B. die Muskelschicht mit den Längsfasern d und den durchschnittenen Querfasern e; C. die Bauchfellschicht.

Obgleich der Darm auf diese Weise in seiner ganzen Länge befestigt ist, so wird dennoch seinen Bewegungen ein weiter Spielraum gelassen, indem das Gekröse, welches von den erwähnten Duplicaturen des Bauchfelles gebildet wird, vielfach zusammengefaltet ist. Die Bewegungen des Darmkanales gehen von der mittleren Muskelschicht des Darmrohres aus. Von dem Schlunde und Magen an zieht sich diese Schicht einfacher, dem Willen nicht unterworfener Muskelfasern bis zu dem Ende des Darmkanales fort. Ihrer großen Masse nach besteht diese Muskelschicht aus queren Muskelfasern, die ringförmig um das Darmrohr herumlaufen, und durch ihre, der Willkür nicht unterworfenen Zusammenziehungen wellenförmig von oben nach unten fortschreitende Bewegungen veranlassen, welche die Physiologen mit dem Namen der peristaltischen Bewegungen zu bezeichnen gewohnt sind. An einzelnen Abtheilungen des Darmes, wie namentlich

am Magen, findet man dagegen in mehrfacher Richtung sich kreuzende Muskelfasern, so daß die Bewegungen dieser Theile eine größere Mannigfaltigkeit besitzen. Durch Anwesenheit von Kohlensäure in etwas gesteigerter Menge im Blute werden diese Bewegungen beschleunigt, eben so durch das Nicotin im Tabak und die brenzlichen Oele im Kaffee. Große Menge von Kohlensäure dagegen wirkt auf die Bewegungen hemmend. Es erklärt sich hieraus die Wirkung der in angemessener Quantität angewendeten kohlensauren Wasser und die größere Verdaulichkeit gewisser Mineralwässer, die neben anderen Stoffen, z. B. Eisen, Kohlensäure enthalten.

Während so die mechanische Function des Darmrohres, die Aufnahme, Fortbewegung und Ausstoßung der Nahrungsmittel, der Muskelschicht anheimfällt, ist die chemische Function wesentlich in der innersten Schleimhautschicht concentrirt. Durch diese Schicht werden verschiedene Säfte abgesondert, ohne deren Mitwirkung die Verdauung nicht zu Stande kommen könnte, und durch dieselbe Schicht werden alle Substanzen aufgenommen, die aus den Nahrungsmitteln in das Blut und den Haushalt des Körpers übergeführt werden sollen. Die Bildung dieser Schleimhautschicht ist eine sehr verschiedene, je nach den verschiedenen Abschnitten des Darmes. In dem Magen finden sich fast nur cylindrische Drüsensäcke, einer neben den andern gestellt, wie hohle Palliaden, die sogenannten Labdrüsen, welche vorzugsweise den Magensaft absondern. Gegen die Muskelschicht hin sind diese Labdrüsen kolbenförmig abgeschlossen. Die von ihnen abgesonderte Flüssigkeit bildet mit den abgestoßenen cylindrischen Zellen, welche ihre innere Fläche überziehen, den Labzellen, einen zähen Schleim, der sich nach und nach mit den Nahrungsmitteln auf das Innigste mengt. Schon auf der Pförtnerklappe des Magens, bei dem Uebergang in den Zwölffingerdarm, nimmt die im Magen sammetartig ebene Schleimhaut einen anderen Charakter an. Es erheben sich auf ihr kleine gekerbte Falten, die stets höher, zuletzt cylindrisch oder zungenförmig werden, und die man in dieser Form die Darmzotten

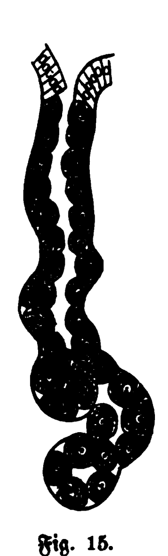


Fig. 15.
Eine einfache Labdrüse mit Labzellen angefüllt. Oben zeigen sich die Cylinderzellen, welche die Magenfläche bedecken.

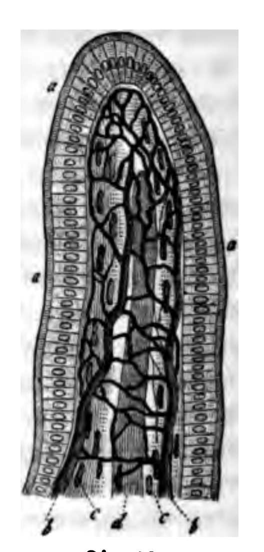


Fig. 16.
Eine Darmzotte, schematisch dargestellt. a. Der Ueberzug von Cylinderzellen mit hellem Randsaume. b. Haargefäßnetz. c. Blasse Muskelfasern in der Grundmasse. d. Anfang des Lymphgefäßes.

genannt hat. Diese Schleimhautzotten bestehen aus einer gallertartigen blassen Grundmasse, mit einem regelmäßigen Ueberzuge von cylindrischen Zellen, der sich fast wie ein Handschuhfinger abstreifen läßt. In der Achse der Zotte findet sich der meist kolbig abgeschlossene Anfang des Lymphgefäßes, umgeben von höchst zarten blassen Muskelfasern; in der hellen, mit spindelförmigen Kernen durchsäeten Grundmasse verzweigen sich die Blutgefäße, welche meist aus einer kleinen Arterie stammen und in eine einzige Vene sich sammeln. Es umspinnen diese Blutgefäße das Lymphgefäß der Zotte von allen Seiten, so daß man sich die Zotte im Ganzen etwa unter dem Bilde eines Fingers versinnlichen kann, der mit einem gestrickten Handschuh überzogen ist, wo dann der Knochen dem in der Achse verlaufenden Milchgefäße, Fleisch und Haut dem Gewebe und der gestrickte Handschuh dem

Blutgefäßnetze entsprechen würden. Die Schleimhautzotten haben nirgends Oeffnungen; die Cylinderzellen, welche sie außen umkleiden, sind dicht an einander gedrängt und verklebt. Doch können höchst fein zertheilte Körperchen und Tröpfchen durch die Zellen selbst eindringen. Außer diesen Darmzotten, die in dem Dickdarme wieder verschwinden, finden sich in dem Dünndarme eine Menge verschiedenartiger Drüsen, bald mit, bald ohne Ausführungsgang, deren physiologische Bedeutung noch nicht gehörig ermittelt ist. Einfache Schläuche, welche den Labdrüsen des Magens ähnlich sind, hat man die Lieberkühn'schen, traubige Drüsen mit Ausführungsgang die Brunner'schen, geschlossene Drüsenkapseln die Peyer'schen Drüsen genannt. Das Resultat der gemeinschaftlichen Thätigkeit dieser Drüsen ist die Absonderung des Darmsaftes, einer alkalisch reagirenden Flüssigkeit, deren genauere Zusammensetzung nicht gehörig bekannt ist.

Die Verdauung als solche, d. h. die Veränderung, welche die Speisen innerhalb des Darmrohres von der Mundhöhle an bis zu ihrem Austritte erleiden, ist ein rein chemischer Prozeß, der unter denselben Bedingungen außerhalb des Körpers wiederholt, ganz dieselben Resultate liefern würde. Es treten hier nicht, wie man so oft geglaubt hat, besondere vitale Kräfte ins Spiel, dereu Analyse uns unmöglich ist; das Leben des Organismus ist nur insofern dabei thätig, als es die zu verdauenden Stoffe in der nöthigen Temperatur erhält, die zur Zersetzung dienenden Säfte und Reagentien liefert, die Filter zur Abscheidung der gelösten Substanzen herstellt und endlich die zur Fortschaffung der ungelösten Stoffe angewiesenen Kräfte in Anwendung bringt. Der Prozeß der Verdauung selbst aber ist der unmittelbaren Einwirkung des Organismus eben so gut entzogen, als jeder andere chemische Prozeß im Körper. Man hat schon oft darauf aufmerksam gemacht, daß die zur Verdauung vom Körper angestellten Operationen denen des Chemikers in vielen Beziehungen ähneln. Zuerst wird die Substanz zwischen den Zähnen zerkleinert, zerschnitten, zerrieben und mit einer fast indifferenten, sehr wässerigen Flüssigkeit, dem Speichel, gemischt. Nachdem sie so zur Einwirkung

der verschiedenen lösenden Flüssigkeiten vorbereitet ist, wird sie in einer größeren Blase, dem Magen, dann in einem längeren Rohre, dem dünnen und dicken Darme, mit verschiedenen Säften ausgezogen, die Lösungen durch die Schleimhaut abfiltrirt und von Blut- und Lymphgefäßen aufgenommen, und der unbrauchbare Rest endlich, nach vollendeter Operation, weggeworfen.

Das Kauen und die dabei Statt findende Tränkung der Nahrungsmittel durch die Mundflüssigkeit, welche aus dem Mundschleime und der Absonderung der verschiedenen Speicheldrüsen zusammengesetzt ist, hat vor Allem nur den oben bezeichneten mechanischen Einfluß der Zerkleinerung und Einweichung. Der Speichel enthält nur außerordentlich wenig feste Bestandtheile, unter denen indeß ein äußerst kräftiger Gährungsstoff sich befindet, welcher gekochte Stärke oder Kleister fast unmittelbar in Dextrin und Zucker umsetzt. Diese gährungserzeugende Kraft des Speichels auf gekochte Stärke wird selbst durch die spätere Beimischung des sauren Magensaftes nicht aufgehoben, die Zersetzung selbst aber wird befördert durch den Sauerstoff der Luft, von der beständig eine gewisse Quantität bei dem Kauen in den schleimigen Speichel eingeschlossen und dann beim Hinabschlucken in den Magen befördert wird. Wenn also die Speichelflüssigkeit einerseits das Hinabschlucken trockener Stoffe erleichtert und durch Verflüssigung der im Munde befindlichen Stoffe die Geschmacksempfindung vermittelt, so leitet sie andererseits die Verdauung und Umsetzung der stärkemehlhaltigen Substanzen ein, welche immer weit schwieriger von Statten geht, als die des Fleisches und der übrigen blutbildenden Stoffe, wie z. B. des Faserstoffes und Eiweißes. Das aus dem Stärkemehl durch die Einwirkung des Speichels hervorgehende Dextrin hat aber wieder eine besondere Beziehung zu der Magenverdauung, indem es dieselbe wesentlich befördert. Bei Anwesenheit von Dextrin im Magen oder im Blute scheint eine stärkere Absonderung des Magensaftes und besonders der Säure Statt zu finden. Man sieht hieraus, wie außerordentlich wichtig für den Verlauf der ganzen Verdauung, besonders aber der stärkemehlartigen Substanzen, eine vollkommene

Durchkauung und Durchspeichelung der Nahrung ist. Deshalb sehen wir auch bei fleischfressenden Thieren das Kauen und die Einspeichelung nur sehr unvollständig geschehen; ihr Speichel selbst ist wässeriger und weniger schaumig. Pfanzenfresser dagegen haben Backenzähne mit stumpfen breiten Kronen, zum Mahlen und Zerreiben tauglich, sie kauen die Nahrung vollständig und verwandeln sie schon im Munde mit Beihülfe eines schaumigen, sehr lufthaltigen Speichels in einen Brei, der sogar bei den Wiederkäuern zum zweiten Male aus dem Magen in die Mundhöhle heraufbefördert wird, um von Neuem zerkleinert und mit einer neuen Speichel- und Sauerstoffmenge durchknetet zu werden.

Der Bau der hinteren Theile des Mundes, des Gaumens und der Rachenhöhle ist vorzüglich darauf berechnet, den Bissen auf seinem richtigen Wege zu erhalten, und ihn weder nach oben in die hinteren Nasenöffnungen, noch nach vorn in den Kehlkopf und die Luftröhre ausweichen zu lassen. Das weiche Segel des Gaumens, das im Hintergrunde der Mundhöhle herabhängt, bildet gewissermaßen einen Teppichvorhang, den der Bissen wegdrängen und aufheben muß, um in den Schlund zu gelangen. Von der Seite her wirken die Gaumenbogen, welche man bei geöffnetem Munde sieht, durch ihr Zusammentreten. So von allen Seiten eingeschlossen und gedrängt, schlüpft der Bissen unter dem Gaumensegel durch und über den Kehldeckel weg in den Anfang des Schlundes, von wo er durch die Zusammenziehung der Muskelfasern abwärts in den Magen getrieben wird. Die Oeffnung der Stimmritze im Kehlkopfe bietet eine ganz besondere Schwierigkeit auf diesem Wege. Die Rachenhöhle hinter dem Gaumensegel ist der Kreuzungspunkt des Luftweges und des Nahrungsweges. Das regelrechte, gesundheitsgemäße, ruhige Athmen geschieht durch die Nase bei geschlossenem Munde. Die Luft streicht durch die Nasengänge und die hinteren Nasenöffnungen in die Rachenhöhle, von da durch die Stimmritze in den Kehlkopf (den sogenannten Adamsapfel) und weiter durch die unmittelbar unter der Halshaut gelegene Luftröhre in die Lungen.

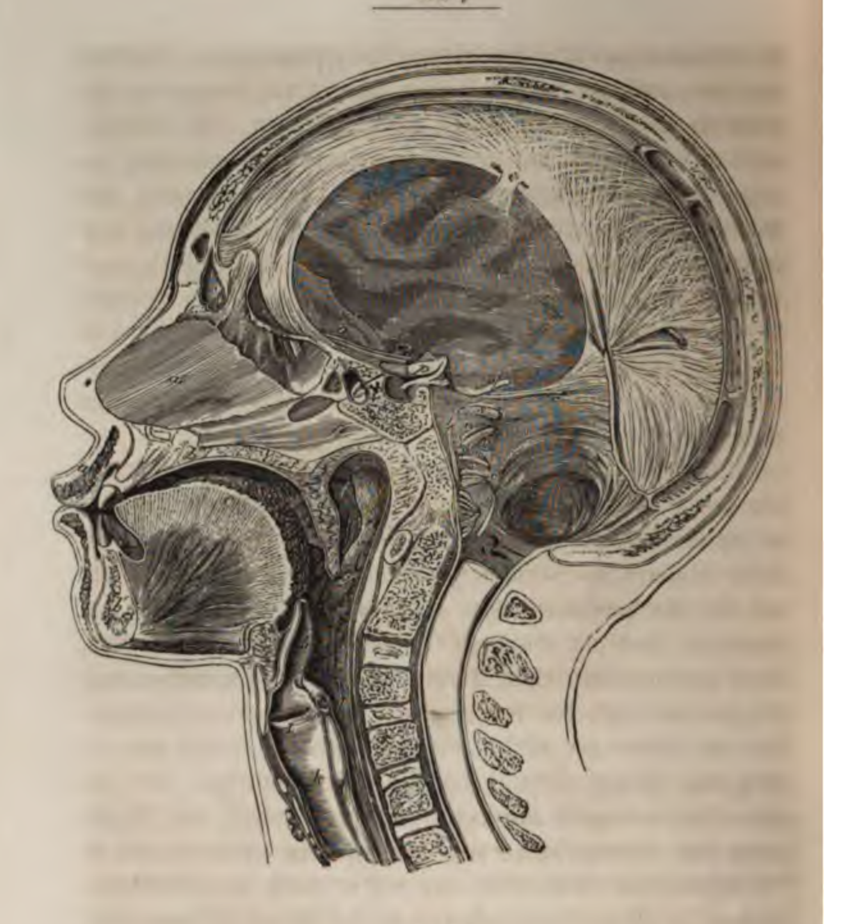


Fig. 17.

Längsdurchschnitt des Kopfes und oberen Halses in der Mittellinie.

a. Oberlippe. a'. Nasenscheidewand. b. Der knöcherne Gaumen, der die Nasenhöhle von der Mundhöhle trennt. c. Zunge. d. Der weiche Gaumen, der wie ein Segel zur Abscheidung der Rachen- und Nasenhöhle hinter der Zunge herabhängt. e. Das Zäpfchen. f. Die hintere Oeffnung der Nasenhöhle in die Rachenhöhle. g. Rachenhöhle. h. Kehldeckel. i. Stimmritze. k. Kehlkopf. l. Schlund. Die übrigen Buchstaben der Figur finden später ihre Erklärung.

Die Speiseröhre liegt unmittelbar an der Wirbelsäule an — jeder Bissen streicht also über die Stimmritze weg nach hinten in die Speiseröhre — jeder Athemzug durchsetzt quer den Speiseweg. Der Kehldeckel schließt die Stimmritze beim Hinabschlucken — er klappt sich nach hinten über. Ist dieser Schluß unvollständig, so gelangt leicht der Bissen an die Stimmritze, die äußerst empfindlich ist, oder selbst in den Kehlkopf. Husten, Erstickungszufälle sind die Folgen des Verschluckens.

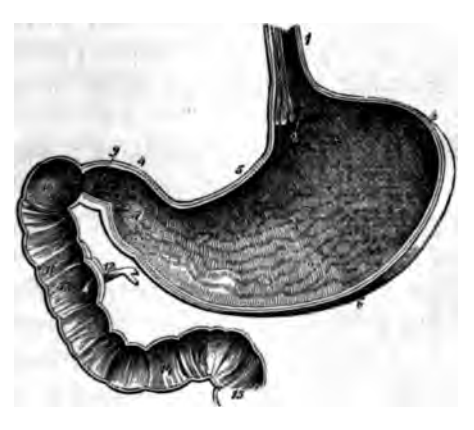


Fig. 18.

Der Magen in Verbindung mit dem Zwölffingerdarm und dem unteren Ende der Speiseröhre, so aufgeschnitten, daß man die innere Fläche sieht. 1. Das längsgefaltete, untere Ende des Schlundes. 2. Oeffnung des Schlundes in den Magen (Cardia). 3. Der Magengrund. 4. Pförtnertheil. 5. Die kleine obere Krümmung. 6. Die große Magenkrümmung. 7. Der Eingang zum Pförtner. 8. Höhle des Magens. 9. Pförtner (Pylorus). 10. Quertheil. 11. Absteigender Theil des Zwölffingerdarms. 12. Gallengang und Pancreasgang. 13. Mündung dieser Ausführungsgänge in den Darm. 14. Unteres Ende des Zwölffingerdarms. 15. Dünndarm.

Die Nahrungsmittel gelangen auf diese Art schluckweise, in Form von Bissen, sobald sie fest sind, in den Magen, einen einfachen Sack mit dünnen, muskulösen Wänden. Es ist eine fast allgemein verbreitete Meinung, nicht nur unter dem Volke, sondern selbst unter den Gebildeten, daß der Magen eine zweite mechanische Zerkleinerung vornehme, daß er die Speise von Neuem

zerreibe. Dies ist durchaus falsch und von der Ansicht der Mägen des uns gewöhnlich zur Speise dienenden Geflügels, der Hühner und Enten, hergeleitet, die freilich einen zur Zerreibung der Körner eingerichteten, mit starken Muskelmassen versehenen Magen haben. Bei dem Menschen beschränkt sich die Thätigkeit der Muskelwände auf unbedeutende Zusammenziehungen und Aufblähungen, wodurch der Inhalt des Magens im Sacke von oben nach unten gegen die Pförtnerklappe hin getrieben und wenn er nicht durch diese hinaus in den Darm tritt, wieder längs des oberen Magenrandes nach der Eintrittsöffnung zurückbewegt wird, so daß der Speisebrei (Chymus) im Kreise herum längs der Magenwände sich fortwälzt.

Die Magenbewegungen sind gewöhnlich so unmerklich, daß bei gesunden Personen keine Empfindung derselben Statt findet. Sie werden aber dann besonders empfindlicher, wenn sie bis zum Erbrechen sich steigern. Gewöhnlich geht diesem Akte eine gewaltige Depression der ganzen Lebensthätigkeit voraus, Frösteln und Blässe, Zittern, langsames Athmen, kleiner Puls und selbst Ohnmacht ähnliche Zustände. Zugleich fühlt man die wurmförmigen Bewegungen des Magens, besonders in der Pförtnergegend, auf das Deutlichste. Bei dem Brechakte selbst zieht sich besonders der Pförtner kraftvoll zusammen und führt gewissermaßen einen Stoß gegen den Mageninhalt aus. Zugleich aber wirken noch kräftiger die Zusammenziehungen der Bauchmuskeln und des Zwerchfelles, die gewöhnlich noch dadurch unterstützt werden, daß der Magen durch eingeschluckte Luft aufgebläht wird. Die Wirkung der Bauchmuskeln ist so bedeutend, daß durch ihre Zusammenziehung allein sogar Erbrechen bei Thieren erzeugt werden kann, denen man den Magen herausgeschnitten und an seiner Statt eine gefüllte Schweinsblase eingesetzt hat. Wenn man aber aus dem Gelingen solcher Versuche schloß, daß der Magen durchaus unthätig bei dem Erbrechen sich verhalte, so war dies wieder eine zu weit getriebene Folgerung, da man durch Gegenversuche beweisen kann, daß die erwähnten Zusammenziehungen des Magens und besonders des Pförtners einen wesent-

lichen Einfluß üben. Jeder Theil für sich allein, der Magen und die Vereinigung der die Bauchhöhle umgebenden Muskeln, können das Erbrechen bewirken, in gewöhnlichen Fällen arbeiten aber beide gemeinschaftlich.

Nach dem Erbrechen treten ganz ähnliche Erscheinungen ein, wie nach einem Fieberanfalle. Die Wärme kehrt in die Extremitäten zurück, die Haut röthet sich, wird feucht und weich, die verschiedenen, das Nervensystem betreffenden Erscheinungen verschwinden. Zuweilen folgt noch eine höchst unangenehme, schmerzliche Periode nach, in welcher der krampfhaft zusammengezogene Magen sich selbstständig aufbläht und Luft von außen durch die Speiseröhre einzieht. Nach und nach tritt Alles wieder in das gewöhnliche Geleise, wenn nicht, wie bei der Seekrankheit, die Ursachen des Erbrechens anhaltend fortdauern.

Diese Ursachen können aber eben so gut in dem Magen selbst, als in anderen Theilen sich finden. Viele Magenkrankheiten sind constant von Erbrechen begleitet. Mechanische Reizungen, wie z. B. Stöße auf die Herzgrube, Krankheiten der benachbarten Eingeweide, erregen oft diese regelwidrigen Zusammenziehungen. Auch solche Einwirkungen, welche eine heftige Zusammenziehung der Bauchmuskeln bewirken, wie starker Husten, plötzliches Eintauchen in kaltes Wasser, können endlich zum Erbrechen führen. Reizungen der Zungenwurzel, des Gaumens, des Zäpfchens, erregen eben so gewiß Erbrechen, als gewisse Arzneien, unter denen der Brechweinstein und die Brechwurzel (Ipecacuanha) oben anstehen. Besonders wichtig ist aber auch noch die Sympathie des Magens und des Gehirnes. Häufiges Erbrechen ist oft das einzige Symptom, durch welches sich eine beginnende Hirnentzündung der Kinder verräth. Das halbseitige Kopfweh, die Migräne, ist oft nur ein Symptom von Magenverstimmungen und wird andererseits gewöhnlich durch Erbrechen beendigt. Hirnerschütterungen durch Schläge und Fall pflegen fast immer Erbrechen hervorzurufen. Auch die erwähnten Brechmittel wirken nicht durch unmittelbaren Angriff des Magens, sondern durch Umstimmung des Nervensystemes. Denn Brech-

weinstein in das Blut gespritzt zeigt ganz dieselben Wirkungen, wie wenn er in den Magen gebracht worden wäre. Damit hängt es denn auch zusammen, wenn heftige Gemüthsaffecte und gewisse Vorstellungen und Sinnesanschauungen je nach der größeren oder geringeren Empfänglichkeit Ekel und Erbrechen erzeugen.

Das einzige Element, wodurch die Verwandlung der Speisen in einen gleichförmigen Brei bewirkt wird, ist der **Magensaft**, eine schwach saure Flüssigkeit, welche von den zahlreichen Labdrüsen der Magenschleimhaut in so großer Menge abgesondert wird, daß ein dreißigjähriger Mann etwa 30 Schoppen in 24 Stunden absondern soll. Schon ältere Versuche hatten diese Einwirkung des Magensaftes als unzweifelhaft dargestellt. Man hatte von Hühnern, Enten und Hunden kleine Blech- und Holzbüchschen verschlingen lassen, deren Wände durchlöchert waren, so daß die darin enthaltenen Nahrungsstoffe zwar von dem Magensafte durchdrungen werden, die Speisen selbst aber in keine Berührung mit den Magenwänden kommen konnten. Indem man nach einigen Stunden die Büchschen wieder an den Fäden, woran man sie befestigt hatte, hervorzog, konnte man die Einwirkung der stattgehabten Verdauung beurtheilen. Man fand dann die Büchschen leer; — die darin enthaltenen Substanzen waren aufgelöst, verdaut worden durch die alleinige Einwirkung des Magensaftes.

Gewöhnlich ist der Magensaft sauer; — in ganz nüchternem Zustande, wo indessen verhältnißmäßig nur wenig abgesondert wird, zeigt aber der Magenschleim, der sich dann findet, bald schwach saure, bald neutrale oder selbst alkalische Reaction. Er besteht dann hauptsächlich aus abgestoßenen Zellenresten der inneren Magenschleimhaut. Sobald aber eine Reizung der Magennerven sich einstellt, mag dieselbe nun vom centralen Nervensysteme ausgehen oder selbst nur mechanisch sein, z. B. durch Berührung der Schleimhaut, so beginnt die Absonderung des sauren Magensaftes, der als klare Flüssigkeit zuerst in kleinen Tröpfchen, dann fast in zusammenhängendem Strahle aus den Oeffnungen der Labdrüsen hervortritt. Die freie Säure, die

unzweifelhaft in den Labzellen selbst abgesondert wird, ist Salzsäure. Sie muß in einem gewissen Verhältnisse vorhanden sein, damit der Magensaft seine auflösende Wirkung auf eiweißartige Stoffe ausüben könne. Fehlt die Säure, so entsteht fäulnißartige Gährung; ist sie zu reichlich vorhanden, so wird die Verdauung verzögert, wie auch die tägliche Erfahrung bei dem sogenannten Sodbrennen, das auf zu reichlicher Säureentwickelung im Magen beruht, beweist. Speisen mit Magensaft außerhalb des Körpers in Gläschen digerirt, werden wie in dem Magen verdaut, während verdünnte Säure für sich allein keine oder nur äußerst geringe auflösende Kraft zeigte, die in keinem Verhältnisse mit derjenigen des Magensaftes stand.

Es ist leicht, sich eine Flüssigkeit zu verschaffen, die auch außerhalb des Körpers bei gehöriger Wärme durchaus dieselbe verdauende Kraft zeigt, wie der Magensaft im menschlichen Magen. Man braucht nur einen thierischen Magen mit Wasser auszulaugen und die so erhaltene schleimige Flüssigkeit mit einer angemessenen Quantität Säure zu versetzen und man hat eine Verdauungsflüssigkeit, welche Fleisch, Eiweißwürfel oder Faserstoff-Flocken in einer Wärme, die derjenigen des Körpers entspricht, ganz in derselben Weise und Zeit verdaut, wie in dem lebenden Magen auch. Die Substanzen quellen auf, zerfallen, werden durchscheinend und endlich aufgelöst, wobei sie eine trübe dickliche Flüssigkeit, einen wahren Speisebrei bilden. Vielfache chemische Untersuchungen haben nun gelehrt, daß das verdauende Princip in dieser Flüssigkeit, wie in dem natürlichen Magensafte, aus einem eigenthümlichen organischen Stoffe besteht, der in seiner Zusammensetzung viele Aehnlichkeit mit dem Eiweiße hat und ein eigenthümlicher Gährungsstoff ist, welcher bei Gegenwart von irgend einer freien Säure, vorzugsweise aber von Salzsäure, die Umsetzung und Auflösung der blutbildenden Stoffe unmittelbar bewerkstelligt. Dieser Verdauungsstoff oder Pepsin ist es, welcher dem Labmagen der Kälber die Kraft ertheilt, den Käsestoff der Milch augenblicklich zur Gerinnung zu bringen. Jedermann weiß, daß das Ueberraschende dieser Wirkung hauptsächlich in der

geringen Menge von Lab liegt, die zur Gerinnung einer großen Quantität Milch nöthig ist. Das Pepsin wirkt überall in ungemein geringem Verhältniß; da man es indeß noch nicht vollständig rein hat darstellen können, so ist es schwierig zu sagen, wieviel dieses Stoffes in einer Flüssigkeit vorhanden sein muß, damit sie die größte verdauende Kraft entwickele. Es scheint als ob das Pepsin eine Art von Gährungsstoff sei, der bei gleichzeitiger Gegenwart von Säure durch seine bloße Anwesenheit die Umsetzung und Auflösung der eiweißartigen Körper bedingt, in ähnlicher Weise wie die Hefe die Gährung des Zuckers, die Diastase diejenige der stärkemehlartigen Stoffe bedingt. Trotzdem, daß man Pepsin jetzt an mehreren Orten käuflich haben kann, indem es bei mangelhafter Verdauung zuweilen als Arzneimittel angewendet wird, ist man dennoch über seine chemische Natur noch nicht vollständig im Klaren und muß sich darauf beschränken, bei den künstlichen Verdauungsversuchen, die man mit diesem käuflichen Pepsin in Gläschen anstellen kann, seine Menge aus der Größe der Wirkung zu bestimmen, die es auf die zu verdauenden Substanzen ausübt. Da hat sich denn als allgemeine Regel ergeben, daß jedes zu Viel wie zu Wenig der beiden wirkenden Stoffe, Säure wie Pepsin, die Verdauung verzögert oder selbst gänzlich aufhebt, dagegen ein richtiges Verhältniß beider die größte Energie der Verdauung entwickelt. Nicht minder ist eine gewisse Quantität von Wasser nöthig. Künstliche Verdauungsflüssigkeit hört auf zu verdauen, sobald sie zu sehr concentrirt ist, verdaut aber wieder, sobald man sie verdünnt — ein Beweis, daß das Pepsin nur als Gährungsstoff wirkt, nicht aber eine Verbindung mit den Eiweißkörpern eingeht.

Die Verwandlung, welche diese erleiden, bezieht sich nicht auf ihre Zusammensetzung, sondern ist nur eine physikalische. Die verdauten Eiweißkörper, die man Peptone genannt hat, können durch Kochen oder schwache Säuren nicht mehr zum Gerinnen gebracht werden, wohl aber durch absoluten Alkohol, durch verschiedene Metallsalze, Gerbsäure, und durch die Gallenbestandtheile sogar aus sauren Lösungen gefällt werden.

Nicht minder wie auf die Eiweißkörper wirkt der Magensaft auf die Leim gebenden Gewebe, Sehnen, Knochen, Knorpel u. s. w. Sie werden in Leim umgewandelt, der anfangs seine Fähigkeit, zu gelatiniren, beibehält, später aber sie verliert — eine Wirkung der Säure, die man bekanntlich jetzt zur Herstellung des flüssigen Leimes benutzt.

Wir sehen also, daß in dem Magen schon die Masse der aufgenommenen Nahrungsmittel mit zwei Gährungsstoffen verschiedener Wirkung gemengt ist, die einander in ihrem Einflusse nicht aufheben: mit Speichel, welcher die erwärmte und gekochte Stärke umsetzt, mit saurem Magensaft, welcher die eiweißartigen Stoffe in aufgelöste Peptone und die Leim gebenden Stoffe in aufgelösten Leim umwandelt. Wir werden sehen, daß die Scheidung der Einwirkung auf die eiweißartigen Körper einerseits, auf die stärkemehlartigen Stoffe, die sogenannten Fettbildner, andererseits auch weiterhin auf dem Wege der Speisen durch den Darmkanal sich wiederholt, und daß hier ein ähnlicher Wechsel Statt findet, wie wenn ein Chemiker, um verschieden lösliche Stoffe aus einer Substanz auszuziehen, dieselbe abwechselnd mit sauren und alkalischen Flüssigkeiten behandelt.

Das Resultat der Magenverdauung ist ein gleichförmiger, weißlicher Brei, der Chymus oder Speisebrei, der seiner Vermischung mit dem Magensafte zu Folge sauer reagirt. Daß dieser Brei keine vollständige Auflösung der Nahrungsmittel darstelle, ist klar; es ist ein Gemenge, in dem einige Substanzen wirklich aufgelöst, andere chemisch verändert, noch andere nur aufgeweicht sind. Die anorganischen Salze, sowie alle diejenigen organischen Stoffe, welche, wie Zucker, in Wasser oder schwacher Säure löslich sind, werden gelöst; die kohlensauren Salze zersetzt; die organischen Körper zerfallen meist zuerst in ihre Bildungselemente, in Zellen, Fasern, Scheibchen, mit Ausnahme der Holzfaser und der hornigen Theile; — Federn, Klauen, Haare, Spelzen und Schaalen der Früchte erhalten sich unverändert im Magen. Das genossene Fett wird bei der hohen Temperatur von 30° R., die im Magen herrscht, meist flüssig und findet sich

in Tropfen im Breie vertheilt. Der Käsestoff der Milch gerinnt im Magen, wird aber dann eben so wie Muskelfaser, geronnener Faserstoff, Knorpel, selbst Knochen und die meisten thierischen Stoffe in eine structurlose Gallerte verwandelt. Die stärkemehlhaltigen Substanzen scheinen meist chemisch verändert zu werden; sie verwandeln sich um so eher in Traubenzucker und Dextrin, je mehr Speichel beigemischt war; die meisten Zuckerarten gehen in saure Gährung über; Faserstoff und Eiweiß, welche im Magen aufgelöst wurden, verlieren größtentheils ihre Gerinnbarkeit, werden mithin ebenfalls wesentlich verändert.

Sobald der Speisebrei die Pförtnerklappe des Magens überschritten hat und in den Dünndarm eingetreten ist, mengen sich ihm die Absonderungsproducte zweier bedeutender Drüsen, der Bauchspeicheldrüse und der Leber, zu. Letztere namentlich hat von jeher in der Medicin und in den physiologischen Ideen der Aerzte sowohl als des Volkes eine eminente Rolle gespielt, und in manchen Ländern Europa's schreibt wenigstens der zweite Kranke alle Uebel, welche ihn betreffen, der Galle zu. Manche dieser Vorurtheile können wir dreist als solche zurückweisen, vielen dürfen wir nur bedingungsweise entgegen treten, und zu den meisten können wir leider weder Nein! noch Ja! sagen; denn wir müssen eingestehen, daß von allen chemischen Einwirkungen auf die Verdauung diejenige der Galle gerade am wenigsten bekannt ist. Erst in den allerneuesten Zeiten ist der Bau der Leber in einigermaßen befriedigender Weise aufgeklärt worden. Schon durch die Art und Weise der Anordnung ihrer Blutgefäße tritt die Leber ganz aus der Reihe aller anderen Drüsen heraus. Ihre Arterie steht in gar keinem Verhältniß zu ihrer Größe, und die großen, weitschichtigen Netze, welche die arteriellen Capillaren bilden, zeigen wohl, daß sie zur Gallensecretion in weniger Beziehung stehen, sondern mehr der Ernährung des Drüsengewebes gewidmet sind. Für diesen Mangel wird die Leber indeß dadurch entschädigt, daß alles venöse Blut, welches vom Darmkanale zurückkommt (mit Ausnahme der obersten und untersten Theile, welche keinen Bezug mehr zur Verdauung und Aufsaugung haben),

daß alles dieses Darmblut, wie schon oben erwähnt wurde, sich in einen einzigen Stamm sammelt, die Pfortader, und daß dieser venöse Stamm sich dann wieder in der Leber verzweigt und dieser gegenüber ganz dieselbe Rolle spielt, wie bei den übrigen absondernden Drüsen die Blut zuführende Arterie.

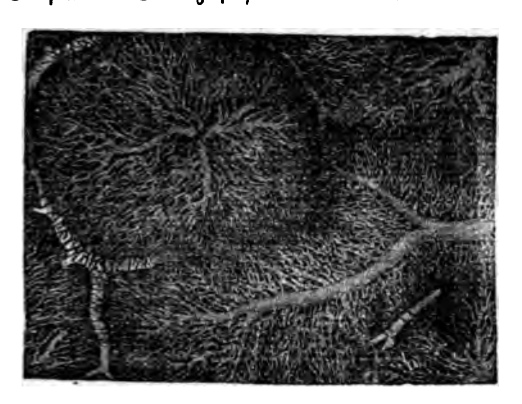


Fig. 19.
Haargefäßnetz der Leber, von den Lebervenen aus eingespritzt.

Die Pfortader vertheilt sich in sehr feine Maschennetze, aus welchen sich dann nach und nach die Lebervenen zusammensetzen, welche das Blut in die große Hohlader und somit in die rechte Vorkammer des Herzens führen. Die Stoffe also, welche durch die Aufsaugung im Darme aus den Nahrungsmitteln in das Blut aufgenommen worden sind, gelangen nicht in den allgemeinen Kreislauf, bevor sie nicht einmal durch die Capillargefäße der Pfortader hindurchgegangen sind.

Mit dieser außergewöhnlichen Anordnung der Blutgefäße sind indeß die anatomischen exceptionellen Verhältnisse der Leber noch nicht erschöpft. Alle anderen ausführenden Drüsen des Körpers kommen in ihrem Baue insofern überein, daß sie aus Röhren gebildet sind, welche mit blinden Enden beginnen, und durch ihr Zusammentreten endlich einen Hauptausführungsgang bilden, welcher das Secret weiter befördert. Die absondernden Röhren haben einen weit bedeutenderen Durchmesser, als die

capillaren Blutgefäße, und werden von den Netzen derselben umsponnen. Man könnte sich die absondernden Drüsenkanäle mit ihren umspinnenden Blutgefäßen etwa unter dem Bilde einer mit einem Seidenhandschuh bekleideten Hand vorstellen, wo die Finger die Drüsenkanäle, das Seidengewebe mit seinen Maschen die Netze der Blutgefäße repräsentiren würden. In der Leber verhalten sich die absondernden Gallenkanäle durchaus anders. Sie lösen sich zuletzt in ein Netz auf, das aus eben so feinen Röhren besteht, als die Capillargefäße selbst, aber weit größere Maschen zeigt als diese, so daß man sie ziemlich leicht von den Haargefäßen unterscheiden kann. Bis zu diesem Punkte sind alle Beobachter einig — nun aber treten die Verschiedenheiten in den Ansichten auf. Die Substanz der Leber wird nämlich hauptsächlich von flachen, ziemlich unregelmäßigen Zellen gebildet, die sich reihen- und netzförmig an einander legen und feine Läppchen bilden, welche durch ein spärliches Fachwerk von Bindegewebe von einander abgetrennt sind. Die Leberzellen enthalten einen, zuweilen auch zwei Kerne, eine zähflüssige, etwas gelbliche Inhaltsmasse, in welcher kleine Fetttröpfchen und höchst feine, gelbbräunliche Körnchen von Gallenfarbstoff und Stärke aufgeschwemmt sind.



Fig 20.
Einzelne Leberzellen : a. mit einfachem, b. mit doppeltem Kerne.

Die Läppchen, welche durch die Anordnung der Zellen gebildet werden, zeigen in ihrer Mitte eine Centralvene und von dieser ausgehend ein strahlenförmig angeordnetes, nach der Peripherie des Läppchens hin stets feiner werdendes Balkennetz aus Bindegewebesubstanz. Die feinen Gallengänge bilden ein zartes

Netzwerk im Umkreise der Leberläppchen und von diesem aus gehen feinste Röhrchen an die Läppchen heran. Umspinnen nun diese höchst feinen Röhrchen die Leberzellen wie ein Haargefäßnetz? Gehen ihre Membranen in die Auskleidung des Balkennetzes über, so daß die Zellen gewissermaßen in Erweiterungen der Gallencapillaren lägen? Füllen die Leberzellen einen solchen Raum ganz aus, so daß nur von Zelle zu Zelle Austausch stattfindet, oder bleibt Raum dazwischen zur Fortbewegung der Gallenflüssigkeit?

Alle diese Fragen sind noch nicht definitiv beantwortet — nur die Thatsache steht fest, daß die Leberzellen die Galle bilden und daß diese durch die Gallengänge schließlich in die Gallenblase und in den Darm ergossen wird.

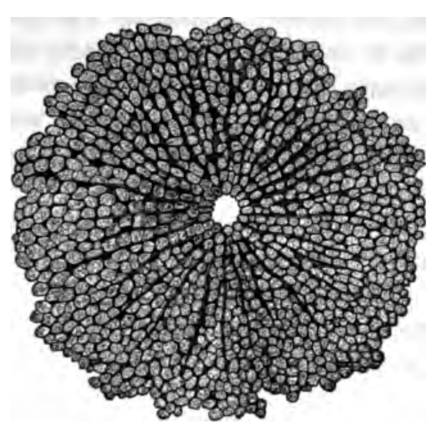


Fig. 21.

Anordnung der Leberzellen auf dem Durchschnitt eines Läppchens, mit dem Querschnitte der Lebervene in der Mitte.

Die Galle selbst ist eine bitterlich schmeckende, klare Flüssigkeit von grünlich-gelber Farbe, die meistens in Folge schon beginnender Zersetzung in der Gallenblase eine alkalische Reaction besitzt. Ihre äußerst leichte Zersetzung hat vielfache Streitigkeiten unter den Chemikern herbeigeführt, die endlich dahin gelöst sind, daß man die Galle als eine Auflösung von Kali- und Natronsalzen betrachten muß, die durch zwei eigenthümliche Säuren ge-

bildet werden, welche in ihrer Zusammensetzung insofern einige Aehnlichkeit mit den Fettsäuren haben, als sie sehr reich an Kohlenstoff sind. Beide Säuren enthalten indeß eine geringe Menge Stickstoff, die eine, die sogenannte Taurocholsäure, auch noch etwas Schwefel, während die Glycocholsäure oder Gallensäure durchaus schwefelfrei ist. Die Aehnlichkeit mit Fettsäuren giebt sich aber noch mehr dadurch zu erkennen, daß beide Säuren Paarlinge einer stickstofflosen Säure, der Cholsäure, einerseits mit Taurin, anderseits mit Glycin oder Leimzucker sind und daß sie in der Galle mit Natron zu Seifen verbunden erscheinen. Außerdem finden sich in der Galle noch zwei neutrale Fette, Elaïn und Margarin, ein eigenthümlicher wachsähnlicher Stoff, das sogenannte Gallenfett oder Cholesterin, und ein sehr zersetzbarer Farbstoff, der durch Oxydation in zwei Farbestoffe übergeht, einen grünen und einen braunen, welche im Darmkanale allmählich verharzt werden und den Excrementen ihre Farbe ertheilen. Es geht aus dieser Zusammensetzung hervor, daß die Galle im Ganzen eine sehr kohlenstoffreiche Absonderung ist, und somit in directem Gegensatze zu dem Harne steht, in dessen organischen Bestandtheilen der Stickstoff die bedeutendste Rolle spielt. Die Galle eines 49jährigen, enthaupteten Mannes enthielt in 1000 Theilen 822,7 Wasser und 177,3 feste Stoffe, unter welchen 107,9 gallensaure Alkalien (Seifen), 47,3 unverseiftes Fett und Cholesterin, 22,1 Farbstoff mit Schleim und 10,8 anorganische Salze.

Aus Versuchen an Hunden hat man berechnet, daß ein erwachsener Mensch von 130 Pfund Körpergewicht etwa 3 Schoppen Galle in 24 Stunden durch seine Leber bereitet und in den Zwölffingerdarm überführt. Indessen ist diese Berechnung sehr ungewiß, da die Menge der abgesonderten Galle von der Nahrung und Verdauung der Eiweißstoffe abhängt und die Flüssigkeit der Galle selbst sehr verschieden ist. Und auf der anderen Seite hat man durch vergleichende Untersuchungen der Nahrungsmittel und der Excremente nachgewiesen, daß höchstens $^1/_8$ der festen Bestandtheile der Galle mit dem Kothe weggeht, $^7/_8$ dagegen in

dem Darme selbst wieder aufgesaugt werden. Die Galle gehört also nicht zu den reinen Absonderungen des Körpers, sondern vielmehr zu denjenigen Flüssigkeiten, welche zur inneren Verarbeitung, zur Stoffmetamorphose des Körpers dienen und nach geleistetem Dienste wieder in das Blut aufgenommen werden.

Welches sind aber die bis jetzt nachgewiesenen Dienste der Galle? Die Antwort hierauf ist schwierig, und nur langsam ist man zu einigen positiven Kenntnissen in dieser Hinsicht gelangt. Daß die Function der Leber von höchster Wichtigkeit sei, lehren schon der äußere Anschein, sowie die Krankheiten dieses Organs, das bei den meisten Thieren vorkommt und einen bedeutenden Umfang besitzt. Krankhafte Destruction der Leber führt fast unvermeidlich zum Tode, und Versuche an Thieren haben gezeigt, daß bei directer Ausführung der Galle aus dem Körper das Leben meistens gefährdet ist. Man hat vielfache Versuche in der Art angestellt, daß man bei Hunden den Gallengang, der in den Darm führt, so unterband und durchschnitt, daß keine Galle mehr in den Darm gelangen konnte. Man öffnete dann, um die Gallenabsonderung selbst nicht zu hindern, die Gallenblase, und heilte die Oeffnung so in die Bauchwände ein, daß die Galle nach außen ergossen wurde. Auf diese Weise war die Function der Leber selbst nicht im Geringsten beeinträchtigt. Die Galle wurde nach wie vor abgesondert, allein statt in den Darm, durch die in der Gallenblase angebrachte Fistelöffnung nach außen ergossen. Alle so operirten Thiere zeigten, wenn sie überhaupt den operativen Eingriff überstanden, eine große Gefräßigkeit, und meistens auch, wenn das Leben längere Zeit erhalten wurde, eine bedeutende Abmagerung, die besonders das Fett betraf. Bei einigen Wenigen nur, bei denen die Magenverdauung kräftig genug war, die großen Mengen eingenommener Nahrung zu überwinden, stellte sich der durch den Ausfluß der Galle bewirkte Verlust wieder her. Die meisten Thiere gingen an vollständiger Abmagerung zu Grunde. Bei allen aber beobachtete man einen entsetzlichen Gestank der Excremente, ja selbst der Athmungsluft, und man konnte somit nicht bezweifeln, daß ein wesentlicher Ein-

fluß der Galle in einer fäulnißwidrigen Wirkung auf den Darminhalt besteht. Wenn auch die Magenverdauung vollkommen ungestört bleibt, so ist doch offenbar die Abwesenheit der Galle durch die faulige Zersetzung der im Darmkanale befindlichen blutbildenden Stoffe und durch die übermäßige saure Gährung der Pflanzennahrung ein bedeutendes Krankheitsmoment.

Ein zweiter wichtiger Einfluß der Gallenflüssigkeit ist die Vermittelung der Aufsaugung des Fettes und seine Ueberführung in die Lymphgefäße.

Es existirt ein unerschütterliches Gesetz in der Lehre von der Durchdringlichkeit thierischer Membranen durch Flüssigkeiten, welches festsetzt, daß nur solche Flüssigkeiten durchdringen und sich durch die Membranen hindurch austauschen, welche unter sich und mit der Befeuchtungsflüssigkeit der Membran mischbar sind. Oel und Fett dringen nicht durch eine mit Wasser getränkte Membran, und umgekehrt. Nun sind aber die Häute und Zotten des Darmkanals, die Wände der einsaugenden Gefäße, der Speisebrei, kurz alle bei der Verdauung und Resorption in Betrachtung kommenden thierischen Theile, mit wässerigen Flüssigkeiten getränkt. Die Aufnahme von Fett in den Chylus, der Durchgang von freien Fetten durch diese Membranen wäre demnach eine rein physikalische Unmöglichkeit, wenn nicht ein Mittel gegeben wäre, welches das Fett auf irgend eine Art mit Wasser mischbar und dadurch auffaugungsfähig machte. Die Seifen sind im Wasser lösliche Fettverbindungen, Salze von Fettsäuren mit alkalischen Basen gebildet. Die Galle ist allerdings im Stande, mit Fettsäuren lösliche Seifen zu bilden. Da man aber vorzugsweise neutrale Fette genießt, so finden diese Eigenschaften nur dann Platz, wenn sich Fettsäuren in dem Darme bilden, was allerdings unter dem Einflusse der Alkalien der Galle nach und nach geschehen kann, indeß nur den kleinsten Theil des aufgenommenen Fettes beschlägt. Galle, Bauchspeichel und Darmsaft dienen aber dazu, das aufgenommene neutrale Fett auf mechanische Weise überzuführen. Jeder, der mit chinesischer Tusche oder mit Wasserfarben gemalt hat, weiß, daß man nur ein wenig

Galle (die Maler benutzen gewöhnlich Hechtsgalle) unter die Farbe zu mischen braucht, um auf fettigem Papier, das sonst die Farbe nicht gleichmäßig annimmt, die Farben dennoch gleichartig auftragen und ausbreiten zu können. In mit Galle benetzten Haarröhrchen steigt flüssiges Fett in die Höhe, in mit Wasser benetzten nicht. Die Galle vermittelt demnach die Mischbarkeit fetter und wässeriger Flüssigkeiten, die Berührung der im Darmkanal enthaltenen Fette mit den Darmzotten, und den Uebergang durch deren von Wasser durchtränkte Substanz in die Milchgefäße. Wenn auch über einige Vorgänge dieses Uebertritts in die Darmzotten nicht vollkommene Uebereinstimmung unter den Beobachtern vorhanden ist, indem die einen die Zellen der Darmzotten als nur mit einem Schleimpfropfe, die anderen dagegen als mit einer von Porenkanälen durchzogenen feinen Haut geschlossen darstellen, so ist man doch in so weit über den Vorgang einig, als man ermittelt hat, daß in der That höchst fein zertheiltes neutrales Fett durch die Substanz der Darmzotten und die Zellen hindurch in das Innere des Axenkanals derselben eindringt. Nicht nur die Galle, welche freilich die bedeutendste Rolle dabei übernimmt, sondern auch der Bauchspeichel, der Darmsaft und Darmschleim wirken alle darauf hin, das Fett im Darmkanale außerordentlich fein zu zertheilen. Diese höchst kleinen Fettkügelchen oder Körnchen dringen nun von der Oberfläche her in die Zellen der Darmzotten ein, erfüllen dieselben, durchsetzen sie, dringen in die schwammige Masse der Zotte und endlich in den Axenkanal, von welchem aus sie in die Milchgefäße weiter geführt werden. Man kann den ganzen hier geschilderten Vorgang bei Thieren beobachten, die einige Stunden nach Fettaufnahme getödtet wurden, hat ihn übrigens auch schon bei Menschen bestätigt, die einige Zeit vor ihrem gewaltsamen Tode eine fettreiche Mahlzeit zu sich genommen hatten. Da Bauchspeichel und Darmsaft ebenfalls zu dieser feinen Vertheilung der Fette mitwirken, so darf man sich nicht wundern, wenn auch nach Aufhebung der Leberthätigkeit und gänzlichem Ausschlusse der Galle aus dem Darme dennoch eine, freilich sehr geringe, Fettmenge

von den Darmzotten aufgenommen und von den Milchgefäßen fortgeführt wird.

Ein ferneres Moment darf bei der Einwirkung der Galle auf die Aufsaugung überhaupt und die des Fettes insbesondere nicht vergessen werden. Galle reizt alle unwillkürlichen Muskelfasern zu kräftigen Zusammenziehungen. Die Darmzotten, mit Galle in Berührung gebracht, ziehen sich, da sie solche Muskelfasern enthalten, energisch zusammen. Das in ihnen enthaltene Fett wird auf diese Weise durch den inneren Milchgefäßgang weiter geschafft gegen den Stamm hin, und die Zotte befähigt, neue Mengen von Fetttröpfchen aufzunehmen.

Wir gedenken hier nur beiläufig noch einiger Verhältnisse, auf die wir vielleicht im Verlaufe noch zurückkommen werden. Die oben auseinander gesetzte Structur der Leber beweist eine innige Wechselwirkung des Blutes und der abgesonderten Gallenflüssigkeit. Die Anordnung des Kreislaufes, wodurch alles von dem Darmkanale herkommende Blut erst durch das Filtrum der Leber durchgehen muß, ehe es weiter in dem Körper circuliren kann, deutet darauf hin, daß eine besondere Thätigkeit der Leber vorhanden sein müsse, die auf das Blut Bezug hat.

Diese Schlüsse rechtfertigen sich vollkommen bei genauerer Untersuchung. Die Leber ist der Schauplatz tief eingreifender chemischer Veränderungen, die wir nur zum Theile noch kennen.

So unterliegt es keinem Zweifel, daß in der Leber selbst die meisten Stoffe, welche die Galle zusammensetzen, gebildet, und nicht, wie dies bei anderen Drüsen der Fall ist, einfach aus dem Blute abgeschieden werden. Man kann Frösche wochenlang am Leben erhalten, nachdem man ihnen die Leber ausgeschnitten hat. Wären die Gallenbestandtheile vorgebildet im Blute enthalten, so müßten sie sich nach dieser Operation im Körper vorfinden. Dies ist aber nicht der Fall. Die Gallenbestandtheile werden demnach in der Leber selbst aus dem Blute erzeugt. Eben so wird in gesunden Lebern Traubenzucker aus Stärkmehlkörnchen, die sich in den Leberzellen finden, und einem Gährungsstoffe, dem sogenannten Glycogen, erzeugt, welcher in denjenigen

Zuständen, wo kein Zucker in der Leber sich findet, durchaus mangelt. Es unterliegt keinem Zweifel und ist durch die mannigfaltigsten Versuche erhärtet, daß dieser Leberzucker nicht von der Pfortader oder einem anderen Organe zugeführt wird, sondern daß er sich selbstständig in der Leber erzeugt und aus dieser durch die Lebervenen und das Herz in die Lungen geführt wird, wo er in dem Athmungsprozesse größtentheils wieder untergeht. Merkwürdig aber ist es, daß dieser Zucker, der sonst hauptsächlich nur in der Leber sich findet, augenblicklich im Blute und im Harne erscheint, sobald gewisse krankhafte Veränderungen stattfinden. Man kennt bei dem Menschen schon lange eine eigenthümliche Krankheitsform, die sogenannte zuckerige Harnruhr (Diabetes mellitus), in welcher der in großen Mengen entleerte Urin nachweisbare Mengen von Zucker enthält. Dieselbe Krankheit kann man bei Thieren erzeugen, indem man das Rückenmark in seinem oberen Theile oder das verlängerte Mark in der Rautengrube mit einem Stiche verletzt. Zwei bis vier Stunden nach der Verwundung erscheint der Zucker im Harne und verschwindet daraus, sobald man den Uebergang von Galle in das Blut oder in den Darmkanal durch Unterbindung der Gefäße und des Gallenganges verhindert. Wahrscheinlich entstehen diese krankhaften Veränderungen, deren Ursache man sich früher nicht enträthseln konnte, durch vorübergehende oder dauernde Gefäßerweiterung der Leber, die als Folge der Nervenverletzung auftritt und den raschen Uebertritt der Stoffe in das Blut nach sich zieht. Wie schnell dieser geschehen könne, lehren uns auch manche Krankheitserscheinungen beim Menschen, wie z. B. der Uebertritt von Gallenfarbstoff ins Blut, oder mit anderen Worten das Auftreten von Gelbsucht nach heftigem Zorn oder Aerger, der in ähnlicher Weise auf das Centralnervensystem zu wirken scheint, wie die Verletzung der Rautengrube.

Der lebhafte Stoffumsatz in der Leber wird noch durch andere Thatsachen bewiesen. Wir kennen eine ganze Classe von Giften aus dem Thier- und Pflanzenreiche, welche nur bei unmittelbarer Einführung in das Blut schnell tödtlich wirken, das Curare,

das berüchtigte Pfeilgift der Indianer, das Schlangengift *) sind in dieser Hinsicht bekannt genug. Schon seit langer Zeit wußte man, daß Viperngift z. B., wenn auch in bedeutender Menge in den Magen gebracht, dennoch von diesem Orte aus durchaus keine Wirkung habe, während der Biß der Schlange, durch den eine weit geringere Menge dieser Flüssigkeit in das Blut eingeführt wird, selbst den Tod verursachen kann. In dieser Eigenschaft der genannten Gifte liegt auch die Ursache, daß das augenblickliche Aussaugen eines Schlangenbisses, durch welches man das Gift entfernt, ehe es in den Blutstrom übergeführt ist, das sicherste Heilmittel und zugleich das ungefährlichste für denjenigen ist, der das Aussaugen vornimmt. Ich entsinne mich, in Jugendschriften, neuerdings vielleicht auch in Zeitungen, mehrere solche Fälle als Akte eines übermenschlichen Heroismus und eines außerordentlichen Opfermuthes dargestellt gelesen zu haben; — eine Hilfeleistung dieser Art ist sicherlich das wohlfeilste Opfer, das man erfinden kann. Ja ein Mensch, der an einer Stelle gebissen wurde, wo er sich selber das Blut aussaugen kann (an der Hand, am Vorderarm z. B.), kann sich selber auf diese Weise die wirksamste Hilfe bringen, und er wird sogar ohne Gefahr das Ausgesogene hinabschlucken können. Die genannten Gifte stehen in ähnlichem Verhältnisse zu der Blutmasse, wie das Pepsin zur Milch, oder die Hefe zum Zucker; — sie sind Gährungsstoffe, welche, wenn auch in kleiner Menge eingeführt, eine tödtliche Zersetzung der ganzen Blutmasse bewirken. Werden sie dagegen in den Magen gebracht, so gelangen sie in das Blut der Pfortader, durch diese in die Leber, und in dem Capillarkreislaufe dieses Organes werden sie selber zersetzt und umge-

---

*) Vielseitig ist noch der Glaube verbreitet, daß die Schlangen stechen. Steht es ja doch geschrieben: „Er wird der Schlange den Kopf zertreten, sie aber wird ihn in die Ferse stechen.“ Es giebt in Deutschland nur eine giftige Schlange, die Kreuzotter oder Viper, die, wie alle übrigen Giftschlangen, zwei in den Schläfen, also am Kopfe liegende Giftdrüsen hat, deren Saft durch zwei hohle Hakenzähne beim Bisse in die Wunde fließt.

wandelt, so daß sie auf die Centren des Lebens, und namentlich auf das Nervensystem, keine schädliche Wirkung mehr ausüben können. Man kann leicht nachweisen, daß gerade der Durchgang durch die Leber es ist, welcher diese Gifte zerstört, so daß die Leber gewissermaßen als Wächter an dem Uebergange der im Darmkanal aufgenommenen Stoffe in den allgemeinen Blutkreislauf dasteht. Eine Auflösung von Curare in die Lungen gespritzt tödtet ganz in derselben Weise, wie wenn das Gift unmittelbar in die Blutmasse gebracht würde. Es wird in der Lunge von den Haargefäßen derselben aufgesaugt, und gelangt so in den großen Kreislauf und zu den Nervencentren, ohne durch die Leber hindurchgegangen zu sein.

Versuche an Fröschen haben gezeigt, daß nach der Wegnahme der Leber die Ausathmung der Kohlensäure aus dem Blute bedeutend verringert, die Zahl der farblosen Blutkörperchen im Verhältniß zu den farbigen bedeutend vermehrt ist, so daß also in der Leber ein bedeutender Umsatz stattfindet, wodurch die Verbrennung und die Weiterbildung der Blutelemente gefördert wird.

Doch kehren wir von dieser Abschweifung zu den im Darme enthaltenen Nahrungsmitteln und ihrem Schicksale zurück. Wir sagten oben, daß außer der Galle noch eine zweite Flüssigkeit in den unmittelbar hinter dem Magen gelegenen Darmtheil, den Zwölffingerdarm, ergossen werde. Diese Flüssigkeit ist der Bauchspeichel, das Absonderungsproduct der Bauchspeicheldrüse oder des Pancreas. Es ist eine klare, wasserhelle, klebrige Flüssigkeit, die durch Kochen gerinnt und besonders die Eigenschaft hat, die Stärke in Dextrin und Zucker, sowie die neutralen Fette in Fettsäuren umzuwandeln, während sie zugleich die Eiweißkörper, wie der Magensaft, in Peptone umwandelt. Es unterliegt keinem Zweifel, daß der Zucker hauptsächlich schon in dem Zwölffingerdarme durch die vereinte Einwirkung von Galle und Bauchspeichel in Milchsäure übergeführt wird, daß aus dieser Milchsäure Buttersäure entsteht, und endlich so die Ueberführung der stärkemehlartigen Substanzen in Fett vollendet wird. Auf

die Fette selbst hat der Bauchspeichel ganz dieselbe Wirkung, wie die Galle, indem er eine Emulsion mit ihnen bereitet und dadurch ihre mechanische Ueberführung in das Blut vermittelt.

Bei dem weiteren Fortrücken der Nahrungsmittel in dem Zwölffingerdarm, wo also sämmtliche Wirkungen der verschiedenen Lösungsmittel, Speichel, Magensaft, Galle und Bauchspeichel sich concentriren und ohne Zweifel die lebhafteste Verdauungsthätigkeit Statt findet, wird nur noch der Darmsaft hinzugefügt, der stark alkalisch ist, aber nur in geringerer Menge abgesondert wird und hauptsächlich durch Gegenwart eines Gährungsstoffes, auf den Faserstoff lösend einwirkt, während alle übrigen Einwirkungen fortdauern. Da aber der Darmsaft viel kohlensaures Natron enthält, so wird nach und nach die saure Reaction des durch Beimischung der Galle grünlich-gelb gewordenen Speisebreies getilgt, so daß in dem unteren Theile des Darmes die alkalische Reaction vorherrscht. Die durch den Magensaft aufgelösten Blutbildner, wie Eiweiß, Faserstoff und Käsestoff, sind in dem unteren Theile des Darmes größtentheils verschwunden und aufgesaugt, die stärkemehlartigen Stoffe größtentheils in Zucker, Milchsäure und Buttersäure verwandelt und als Fett übergeführt. Das freie Fett ist ebenfalls nach und nach in die Blut- und Chylusmasse eingedrungen. Je näher der Speisebrei dem Dickdarme kommt, desto bräunlicher wird seine Farbe durch die Umänderung des Gallenfarbstoffes, die von jenem eigenthümlichen Kothgeruche begleitet ist, welcher sich wesentlich von dem eigentlichen Fäulnißgeruche unterscheidet.

Aus der Analyse der Excremente geht hervor, daß die unverdaulichen Stoffe der Nahrung, wie Horn, Holz, die Zellenwände der Pflanzen, mit den Resten der Galle und dem Darmschleim die Hauptmasse derselben bilden, und daß nur außerordentlich wenig lösliche Stoffe, dagegen ziemlich viel Salze, zwischen 11—12 % des trockenen Kothes, sich noch darin finden. Bei überschüssiger Fleischnahrung sieht man stets noch unvollständig aufgelöste Muskelfasern, Sehnenstückchen und Fettzellgewebe; bei Pflanzennahrung findet man die aus Cellulose oder Holzstoff

bestehenden Formgebilde zwar unverändert wieder, aber ihres löslichen Inhaltes beraubt; bei überschüssiger Pflanzennahrung erhalten sich besonders die Stärkemehlkörner am längsten, so daß man z. B. nur selten das Stärkemehl nach Kartoffelnahrung in den Excrementen vermissen wird.

Bevor wir diesen Gegenstand verlassen, müssen wir noch der Rolle der Gase im Darme gedenken. Mit dem schaumigen Speichel wird Luft verschluckt und ohne Zweifel spielt der Sauerstoff schon eine Rolle bei den verschiedenen chemischen Prozessen im Magen und im Darme. Zugleich mag ein Austausch zwischen den Gasen im Darmrohre und denen im Blute Statt finden, wodurch Sauerstoff eingeschluckt und Kohlensäure ausgeschieden wird. Im Dünn= und Dickdarme kommen dann zu der Kohlensäure noch Gährungsgase, die je nach der Nahrung verschieden sind, Wasserstoff und Kohlenwasserstoff bei vegetabilischer Nahrung mit geringen Mengen von Schwefel= und Phosphorwasserstoff, zu welchen sich noch der Geruch flüchtiger Fettsäuren gesellt.

Betrachten wir den Verdauungsprozeß im Ganzen nach seinen Resultaten, so ist er eine chemische Operation des Organismus, welche die Aneignung der dem Körper tauglichen Substanzen aus den Nahrungsmitteln entweder durch einfache Aufsaugung, oder durch tief eingreifende Umsetzung zum Zwecke hat. Die Betrachtung der Nahrungsmittel, ihre Eigenschaften in physiologischer Hinsicht und ihre Beziehungen zu dem Haushalte des menschlichen Körpers sind aber zu wichtig, als daß wir derselben nicht einen besonderen Brief widmen sollten.

Vierter Brief.

Die Nahrungsmittel.

So lange bis den Bau der Welt
Philosophie zusammenhält,
Erhält sich das Getriebe
Durch Hunger und durch Liebe,

sagte der Dichter vor einem halben Jahrhundert von der Natur, und bis heute noch sind die beiden Triebfedern, die er nannte, die einzigen, welche Leben und Bewegung in der gesammten thierischen Welt erhalten. Noch mächtiger aber wohl als der Trieb der Fortpflanzung, der mehr in individuellen Gränzen seine Macht übt, ist derjenige der Selbsterhaltung, welcher unumschränkt herrscht, und einer jeden Thiergattung den Kampf um das Dasein und damit auch das Aufsuchen der Mittel aufnöthigt, durch welche dasselbe erhalten wird. Wir werden in der Folge sehen, daß der thierische Körper beständig durch Athmung und Absonderung bedeutenden Verlust an Stoff erleidet, der ersetzt werden muß, wenn der Körper selbst nicht zu Grunde gehen soll. Durch eigenthümliche Gefühle wird dem Bewußtsein der Mangel des Organismus und sein Begehren nach frischer Zufuhr von Nahrungsstoffen kund gethan. Hunger und Durst werden unter gewöhnlichen Verhältnissen nur dann empfunden, wenn das Bedürfniß fester oder flüssiger Speise gefühlt wird. So gewöhnlich auch diese Empfindungen wiederkehren, so schwer ist es, sich klare Auskunft über ihre Entstehung zu geben. Es fragt sich, ob die Empfindung dieser Bedürfnisse an einzelne Organe geknüpft sei, oder ob sie dem noch dunklen Felde des Allgemeinbewußtseins angehöre?

Es ist eine Thatsache, daß Appetit oder Hunger augenblicklich durch Aufnahme fester Stoffe in den Magen gestillt werden kann und daß bei leerem Magen das Bedürfniß frischer Zufuhr gefühlt wird. Daß die Entstehung des Hungers demnach auf einem bestimmten Zustand des Magens beruhe und von diesem Organe aus durch die Magennerven dem Bewußtsein klar werde, kann nicht geläugnet werden. In einem späteren Briefe werden wir sehen, welche Nerven des Organismus specieller die Empfindungen und Bedürfnisse des Magens dem Gehirne zuleiten. Hier können wir nur darauf hindeuten, daß der Hunger nicht einfach auf dem Magen allein beruht, sondern daß auch das Gemeingefühl wesentlichen Antheil daran nimmt. Substanzen, welche nicht verdaut werden und dem Organismus keinen Stoff zur Aufnahme bieten, vermögen zwar durch Füllung des Magens augenblicklich, aber nicht auf längere Zeit hin das Gefühl des Hungers zu stillen. Thiere bieten alle Zeichen des Hungers, wenn sie mit Substanzen gefüttert werden, die zwar den Magen füllen, aber durch ihre Zusammensetzung nicht geeignet sind, das Leben des Organismus zu erhalten. Menschen, bei welchen durch eine im oberen Theile des Darmes befindliche Wunde der unverdaute Speisebrei sich entleerte, litten bei stets angefülltem Magen beständigen Hunger. Andererseits ist es aber auch die Leere des Magens allein nicht, welche das Hungergefühl bewirkt. Man hat Morgens unmittelbar nach dem Erwachen, wo der Magen gewiß durchaus leer ist, nur sehr geringen Appetit; zwei bis drei Stunden nach dem Essen ist bei gesunden kräftigen Menschen die Magenverdauung gänzlich beendet und der Magen vollkommen leer, während das Hungergefühl erst einige Stunden später eintritt. Dies Gefühl beruht demnach offenbar nicht auf dem Zustand des Magens allein, sondern auch auf dem Verhältnisse der eingeführten Nahrungsstoffe zu der gesammten Oeconomie des Körpers. Der locale Zustand des Magens und die allgemeine Speisung der organischen Maschine durch Substanzen, welche ihren Verlust zu decken vermögen, dies sind die beiden Factoren, welche bei Erzeugung dieses Gefühles zusammenwirken,

und je nach Verhältniß der Dinge in dem einen oder anderen Falle bedeutender hervortreten. Den einen dieser Factoren, den localen Magenzustand, können wir leicht in seinen verschiedenen Phasen erforschen; das Gemeingefühl des Organismus hingegen beruht auf zu mannigfach wechselnden Grundlagen, wie auf der Mischung der gesammten Blutmasse, des Pfortaderblutes, des Chylus und der Lymphe und deren Wechselwirkung auf die Nerven, so daß eine genauere Analyse zur Zeit noch unmöglich ist. Noch dunkler ist ein dritter Factor : die Gewohnheit. Wir fühlen Appetit zu der gewohnten Essensstunde — nach einiger Zeit verschwindet das Gefühl wieder, freilich um später mit größerer Stärke sich zu erneuen. Es ist damit ähnlich, wie mit dem Schlafe. Wir werden zur gewohnten Stunde schläfrig, fühlen aber, wenn wir den Augenblick überstanden haben, vielleicht mehrere Stunden lang das Bedürfniß nach Ruhe nicht mehr. Eben so wachen wir zur gewohnten Zeit auf, selbst wenn wir den Schlaf, den wir sonst brauchen, nicht gehabt haben. Die Periodicität aller dieser und vieler anderen Erscheinungen ist vorhanden, ohne daß wir sie bis jetzt genügend erklären könnten — der Mensch ist ein Gewohnheitsthier!

In ähnlicher Weise wie dasjenige des Hungers zersplittert sich auch das Gefühl des Durstes. Mund- und Rachenhöhle spielen hier die Rolle des Magens; Durst wird jedesmal empfunden, sobald diese Theile trocken werden. Fieberkranke, Leute, die viel und stark athmen, oder durch Gewürze und Schärfen die Empfindlichkeit der Nerven der Schleimhaut steigern, fühlen so lange Durst, bis Mund- und Rachenhöhle in den gewöhnlichen Feuchtigkeitsgrad gebracht werden können. Sicherlich beruht auch die Thatsache, daß bei großer Hitze und Trockenheit der betreffenden Theile reines Wasser weniger den Durst löscht, als schleimige Getränke, auf dem einfachen Grunde, daß ersteres schnell verdunstet, während letztere die Feuchtigkeit länger zurückhalten. Allein wir wissen bei heftigeren Graden des Durstes eben so gut das Gefühl der Trockenheit im Munde von dem allgemeinen Bedürfnisse nach Flüssigkeit zu unterscheiden, als wir auf der

anderen Seite Durst fühlen können, ohne daß unsere Mundhöhle gerade trocken ist. Wem ist es nicht schon bei anstrengenden Märschen im Sommer begegnet, daß er nach starkem Schwitzen, also Wasserverlust aus dem Körper, mit ausgedörrtem Gaumen und lechzender Zunge an einem Brunnen ankam, dort bis zu gänzlicher Sättigung und Anfüllung des Magens trank, und dennoch beim Verlassen der Quelle noch Durst empfand, der erst nach einiger Zeit verschwand, nachdem das in den Magen gebrachte Wasser aufgesaugt und in das Blut übergegangen war? Solcher aus dem Allgemeingefühle entspringender Durst kann eben so gut durch Einspritzen von Wasser in das Blut augenblicklich beseitigt werden. — Hunger und Durst sind demnach complexe Gefühle, wodurch der Organismus sein Bedürfniß nach Aufnahme von Stoffen kund giebt; die unmittelbare Empfindung derselben ist an bestimmte Organe, den Magen und die Mundhöhle, geknüpft, während das allgemeine Bedürfniß wahrscheinlich durch die Wechselwirkung zwischen dem Inhalte der Blutgefäße und der Nerven des Magens und Darmkanales bedingt ist. Mangelnde Blutzufuhr zum Magen scheint unter allen Umständen das Gefühl des Hungers, normale Füllung der Blutgefäße dasjenige der Sättigung, Ueberfüllung durch Congestion das Gefühl der Ueberfülle, Ekel und Erbrechen zu erzeugen.

Nicht jede Nahrung indessen ist für jedes Thier angemessen, die Einen leben nur von pflanzlicher, die Anderen nur von thierischer Kost, während Andere wieder aus beiden Naturreichen zugleich ihre Nahrung beziehen. Die Organisation eines jeden Thieres entspricht seiner Lebensweise und seiner Nahrung, und wenn auch die Gesetze der thierischen Bildung nicht in so enge Gränzen sich einschränken, als man zu glauben geneigt sein könnte, und neben der Zweckmäßigkeit der erworbenen Eigenschaften die Vererbung solcher, die sogar unzweckmäßig sein können, eine Rolle spielt; so erfordert doch das Zusammenwirken der einzelnen Theile des Organismus eine gewisse Harmonie im Bau des Ganzen, so daß häufig schon aus einem einzelnen Theile die Bestimmung des Ganzen erschlossen werden kann. Werfen wir einen Blick

auf die dem Menschen näher stehenden Thiere, die Säugethiere, so sehen wir, daß besonders die Bewegungsorgane und die Zähne es sind, welche in engerer Beziehung zu einander stehen und darauf hindeuten, welche Nahrung dem Thiere angewiesen sei. Der Fleischfresser hat mehr oder minder spitze, dolch- oder messerartige Zähne mit schneidenden Kronen und senkrecht in einander passenden Kegelhöckern und Vertiefungen, zum Festhalten und Zerreißen der Beute; — der Pflanzenfresser dagegen zeigt derbe Zähne mit platten Kronen und vorspringenden Leisten, welche zum Zerreiben und Zermahlen der Nahrung geeignet sind. Den Zähnen nach ist der Mensch auf Benutzung beider Naturreiche angewiesen, sein Gebiß nähert sich dem der Früchte fressenden Affen einerseits, der Alles fressenden Schweine anderseits, und die Erfahrung hat schon längst bestätigt, daß eine zweckmäßige Mischung pflanzlicher und thierischer Kost den wesentlichsten Einfluß auf die Beförderung des leiblichen Wohles ausübe und der Zweck einer jeden vernünftigen Ernährungsweise sein müsse. Wir werden in dem Verlaufe sehen, daß namentlich in kälteren Zonen mehr Fleischnahrung, in wärmeren mehr Pflanzennahrung vorherrscht, daß aber die ausschließliche Pflanzenkost im Allgemeinen dem Individuum eine bedeutend größere Verdauungsarbeit bei verhältnißmäßig geringerer Ausbeute aufbürdet.

Die Kluft, welche nach früheren Ansichten thierische und pflanzliche Nahrung trennte, ist indeß bei weitem so groß nicht, als man sich gewöhnlich vorstellt. In rein chemischer Beziehung lassen sich zwar bedeutende Unterschiede finden, die aber im Laufe der Verdauung auf rein quantitative Beziehungen reducirt werden. So lange man freilich glaubte, der Stickstoff sei dem Pflanzenreiche fast durchaus fremd und für die thierischen Substanzen charakteristisch, so lange konnte man auch von einer gänzlichen Verschiedenheit überzeugt sein, und von thierischer Nahrung als von Stickstoffnahrung, von Pflanzennahrung aber als von stickstoffloser Nahrung reden; — jetzt aber, wo man nachgewiesen hat, daß alle Pflanzen Stickstoff enthalten, und zwar jene eigenthümlichen stickstoffhaltigen Körper, die wir unter dem Namen

Blutbildner bezeichnen : jetzt steht nur noch der empirische Satz fest, daß thierische Kost stickstoffreicher ist, als pflanzliche. Wir essen kein Fleisch, welches nicht Fett, mithin eine stickstofflose Substanz enthielte; wir verzehren kein pflanzliches Product, ohne eine geringe Menge pflanzlichen Faserstoffes und Eiweißes aufzunehmen. Der Unterschied zwischen pflanzlicher und thierischer Nahrung besteht demnach hauptsächlich darin, daß in letzterer die blutbildenden, stickstoffreichen Verbindungen, in ersterer die kohlenstoffhaltigen, stickstofflosen Substanzen überwiegen.

Der chemischen Zusammensetzung der Stoffe nach, welche wir in den Nahrungsmitteln erhalten, kann man mehrere Gruppen unterscheiden, die in ihrer Beziehung zu den Organen des Körpers äußerst verschieden sind. Da in dem Organismus kein chemischer Grundstoff bereitet werden kann, überhaupt eine Erzeugung von Stoff im Organismus ganz unmöglich ist, so müssen alle diejenigen Bestandtheile, aus welchen der Körper sich aufbaut, demselben von Außen zugeführt, alle Ausgaben durch Einnahmen von Außen her ersetzt werden. Die Thätigkeit des lebenden Organismus muß sich nothwendiger Weise auf die Umsetzung und verschiedenartige Combinirung der eingeführten Grundstoffe beschränken.

Eine Neuerzeugung von Materie findet in dem Körper eben so wenig Statt, als sonst irgendwo in der Welt. In vielen Köpfen spukt freilich noch die Ansicht, als könne der Organismus Stoffe erzeugen, als könne er Eisen, Kali, Kalk oder sonst irgend einen chemischen Grundstoff aus dem Nichts schaffen. Man kann jetzt dreist behaupten, daß nur die Unwissenheit, die nicht sehen und hören will, Vorstellungen dieser Art mehr oder minder klar ausgeprägt hegen kann, Vorstellungen, die sich darauf stützen, daß diese Grundstoffe in anderer Form dem Organismus zugeführt und in diesem in eine neue Gestalt umgeprägt werden. Wir müssen demnach alles dasjenige, was in der Zusammensetzung des Organismus aufgefunden und aus demselben durch den Stoffverbrauch ausgeführt wird, wieder ersetzen, und wir können diejenigen Stoffe, welche zu diesem Ersatze dienen, als Nahrungs-

mittel im weitesten Sinne des Wortes bezeichnen. So gehören denn eben so das Wasser und die unorganischen Bestandtheile, wie die eiweißartigen und stickstofflosen Stoffe, zu den nothwendigen Nahrungsmitteln, ohne deren Einführung der Organismus zu Grunde gehen würde. Daß alle diese Stoffe, diese Nahrungsmittel im weitesten Sinne des Wortes, nöthig seien, geht leicht aus dem Wesen des lebenden Organismus hervor. Hier ist nichts stabil; es ist keine Ernährung denkbar ohne Zerstörung auf der einen Seite und Bauen auf der anderen; das gebildete Muskelfleisch, die vorhandene Faser sind nicht zu ewiger Dauer bestimmt, sondern werden stets wieder zerstört und neu gebildet. Diesen ewigen Umschwung, diesen steten Wechsel der Materie hat schon das Volk sehr wohl begriffen, wenn es einfach behauptet: der Mensch erneuere sich alle sieben Jahre gänzlich; — die Physiologen sind freilich noch nicht so weit gekommen, den Zeitpunkt mit völliger Sicherheit bestimmen zu können, finden aber doch weit geringere Zeiträume für diese Erneuerung.

Die stickstoffhaltigen Substanzen, welche wir mit dem Namen der eiweißartigen Stoffe oder Blutbildner bezeichneten, und von denen wir in dem Blute selbst drei Haupttypen: den Faserstoff, das Globulin und das Eiweiß, erkannten, sind namentlich in den thierischen Körpern in größter Menge angehäuft. Alle Organe des Körpers ohne Ausnahme sind mit eiweißhaltigem Wasser, das unmittelbar aus der Blutflüssigkeit herkommt, durchtränkt. In den meisten Organen findet sich auch noch mehr oder minder geronnenes Eiweiß, wie namentlich im Gehirne und den Nerven. Die große Masse des Muskelfleisches der Thiere besteht aus Faserstoff, der freilich nicht ganz dieselben Eigenschaften zeigt, wie der Faserstoff des Blutes; auch die Hornstoffe und die leimgebenden Gebilde haben einige Aehnlichkeit mit den Eiweißstoffen und sind ohne Zweifel durch Umbildung aus ihnen hervorgegangen. Man sieht demnach, daß der Körper in seinen wesentlichsten Theilen und seiner großen Masse nach aus diesen Stoffen zusammengesetzt ist, und daß die Zufuhr derselben die erste und wesentlichste Grundbedingung einer zweckmäßigen Nah-

rung sein muß. Blut und Fleisch der Thiere bieten die unmittelbare Regeneration dieser Stoffe dar. Es giebt aber außerdem noch eine Menge von Nahrungsmitteln, welche solche eiweißartige Stoffe in bedeutender Quantität enthalten. So sehen wir in den Eiern das Eiweiß, in der Milch den Käsestoff als wesentlich eiweißstoffigen Bestandtheil, und in den meisten Pflanzen, ja man kann sagen in jedem lebensthätigen Pflanzentheile, finden wir solche Bestandtheile in größerer oder geringerer Menge. Das Pflanzeneiweiß zeigt sich in löslichem Zustande in allen Pflanzensäften, wenn auch nur in geringer Quantität. In dem Samen der Gräser, im Getreide, findet sich eine verwandte Substanz, die man den Kleber genannt hat. Aus dem Waizenmehle, in dem dieser Stoff am reichlichsten vorhanden ist, erhält man ihn einfach dadurch, daß man das Mehl in einem Beutel von grober Leinwand unter beständigem Wasseraufgießen so lange knetet und verarbeitet, bis das abfließende Wasser kein Stärkemehl mehr mit sich führt. In den Samen der Hülsenfrüchte, der Erbsen, Bohnen und Linsen, existirt eine bedeutende Quantität eines eigenthümlichen Stoffes, den man mit dem Namen Legumin oder Erbsenstoff belegt hat. In dem Dotter der Hühnereier wurde der sogenannte Dotterstoff nachgewiesen, der Schwefel und Phosphor enthält und ebenfalls dem Eiweiße in seinen chemischen Eigenschaften sehr nahe steht. Es unterliegt keinem Zweifel, daß alle diese Stoffe durch die chemische Thätigkeit der verschiedenen Organismen ineinander übergeführt werden können, daß z. B. Säuglinge, die in der Muttermilch nur Käsestoff erhalten, aus demselben den Faserstoff ihres Blutes und ihrer Muskeln, das Eiweiß ihrer Organe, das Globulin ihrer Blutkügelchen bereiten, und daß anderseits eine säugende Frau, die sich nur von Brod und anderen pflanzlichen Mitteln nährt, aus diesen Stoffen nicht nur Blut und Fleisch ihres eigenen Körpers, sondern auch den Käsestoff ihrer Milch bereitet.

Eine zweite Klasse von Nahrungsstoffen bieten die stickstofflosen Substanzen, die Fette und Fettbildner. Wir kennen im thierischen Organismus von stickstofflosen Substanzen eigent-

lich nur die Fettarten. Man hat sich gewöhnt, dieselben als etwas Wandelbares zu betrachten, und, verleitet durch die bei verschiedenen Individuen so äußerst verschiedene Fettanhäufung im Zellgewebe, zwischen den Muskeln und Eingeweiden, hat man das Fett nur als eine Art nicht nöthiger Zugabe betrachten wollen. Zum Theil hat dies seine Richtigkeit; — aber auch nur zum Theil, denn Fett gehört eben so nothwendig zur Zusammensetzung fast aller Formelemente, die wir im Körper finden, als Faserstoff und Eiweiß. Das Gehirn und die Nervensubstanz, das Drüsengewebe, selbst das Muskelfleisch und die Haut; — alle Gewebe fast ohne Ausnahme enthalten eine gewisse, mehr oder minder große Menge Fett als nothwendigen Bestandtheil, der selbst bei dem Hungertode nicht verschwindet und zu Ausübung der Functionen unumgänglich nöthig ist. Daß dieses nothwendige Fett denselben Gesetzen der Ernährung unterliegen müsse, wie die stickstoffhaltigen Bestandtheile, kann keinem Zweifel unterliegen; daß demnach die Speisen ebenfalls Fett oder in Fett wandelbare Stoffe liefern müssen, ist ein nothwendiges Bedürfniß der Existenz des Organismus. Allein dieser nimmt mehr, als er unumgänglich nöthig hat, von diesen Stoffen auf, er übersättigt sich damit, er setzt sie in den Zwischenräumen des Zellgewebes in Form von Fett ab, um sie zu allenfallsigem Gebrauche bereit zu halten.

Eine bedeutende Menge des in dem Organismus abgelagerten Fettes wird ohne Zweifel schon als Fett mit der Nahrung selbst eingeführt. Die fleischfressenden Thiere erhalten Fett unmittelbar in ihrer Nahrung, und zwar meistens noch im Ueberschusse, da im Allgemeinen die grasfressenden Thiere, welche ihnen zur Beute dienen, durch reichliche Fettentwicklung sich auszeichnen. In dem Pflanzenreiche sind es hauptsächlich die Samen, welche eine bedeutende Menge von Fett enthalten, und viele Pflanzen, wie Mohn, Lein, Oliven, Sesam, Reps, werden lediglich des Oelgehaltes ihrer Früchte und Samen wegen angebaut. Auch die gewöhnlichen Gräser und grünen Pflanzentheile enthalten eine geringe Quantität von Fett, die aber nicht hinreicht, um die

Fettentwicklung in vielen pflanzenfressenden Thieren zu erklären. Man fragte sich also, woher dieses Fett, welches namentlich bei der Mästung in so großer Quantität erzeugt und im Körper der gemästeten Thiere abgesetzt wird, stammen könne?

Ich berühre hier den heftigen Streit, welcher vor nicht langer Zeit zwischen Frankreichs und Deutschlands chemischen Koryphäen geführt wurde, und wo endlich, nach hartem Kampfe, das linke Rheinufer sich überwunden erklären mußte. Die Einen, auf die Thatsache fußend, daß die stickstoffhaltigen Substanzen, welche wir in unserer Nahrung einnehmen, nur dann wirklich ernährend und Verluste ersetzend sich zeigen, wenn sie in ihrer Zusammensetzung den im Körper vorhandenen Stickstoffverbindungen ähnlich sind; — Thatsache, welche von beiden Partheien als begründet anerkannt wurde; — die Einen, sagte ich, dehnten diese Thatsache zum allgemeinen Gesetz aus und behaupteten, der thierische Organismus schaffe in der Verdauung überhaupt gar nichts um; er bewirke keine neuen Verbindungen, sondern ziehe die ihm nothwendigen Stoffe aus den Nahrungsmitteln nur aus und gebe ihnen die passende Form. Das Pflanzenreich, behaupteten sie, sei das große Laboratorium der organischen Verbindungen im Allgemeinen; in den Pflanzenzellen würden der Faserstoff, das Eiweiß, die Fette, kurz alle thierischen Bestandtheile bereitet und auf diese Weise den pflanzenfressenden Thieren fertig geboten, welche durch ihre Verdauung diese Stoffe nur auszögen und in ihrem Organismus verwendeten. Auch das Fett, welches in der Mast befindliche Thiere ansetzten, werde nicht von ihnen aus anderen Stoffen bereitet, sondern sei schon in den gebotenen Nahrungsmitteln als fettähnlicher Stoff (meist Pflanzenwachs) angehäuft. Zum Beweise dieser Ansicht lieferte man neue Analysen der Pflanzennahrung, des Wälschkornes, Heues u. a. m., und wies in der That eine größere Quantität fettiger Stoffe in diesen Materien nach, als man bisher angenommen hatte. Derjenige deutsche Chemiker indeß, welcher zuerst die Behauptung aufgestellt hatte, daß der Thierorganismus in der That aus Zucker, Stärkemehl und anderen stickstofflosen Substanzen Fett bereiten könne,

und sich dabei namentlich auf bekannte Erfahrungen über die Wachserzeugung der Bienen und auf das Mästen der Thiere im Allgemeinen berufen hatte, wies einfach nach, daß die Excremente einer milchenden Kuh eben so viel Pflanzenwachs enthielten, als sie in der Nahrung bekam, und dadurch war auch seine Behauptung bewiesen. Jetzt, wo die französischen Chemiker sich durch eigene Versuche überzeugt haben, daß die Bienen wirklich in ihrem Inneren den Zucker in Wachs verwandeln; jetzt, wo ein unpartheiischer, im Elsaße wohnender Beobachter nachgewiesen hat, daß die Gänse in der That aus dem Stärkemehl und Zucker des Wälschkorns, die Schweine aus dem Stärkemehl der Kartoffeln Fett bereiten; jetzt kann kein Zweifel mehr über die Thatsache sein, daß der Organismus zum Theil sich seine Stoffe und namentlich das Fett aus anderen ihm dargebotenen Verbindungen schafft, welche man deshalb auch die Fettbildner genannt hat, und zu welchen man besonders Stärkemehl, Stärkegummi (Dextrin) und Zucker in seinen verschiedenen Modificationen zählt.

Die Umwandluug dieser Stoffe in Fett geschieht nicht unmittelbar, sondern scheint nur durch Gegenwart von Fett eingeleitet zu werden. Schweine, mit fettlosen, aber stärkemehlhaltigen Substanzen gefüttert, werden nicht fett; Enten, denen man fettlosen Reis zur Nahrung giebt, bleiben mager wie zuvor. Fügt man aber eine kleine Quantität Fett zur Nahrung zu, so wird nicht nur diese aufgenommen, sondern auch das Stärkemehl selbst in Fett umgewandelt und dieses in großer Menge in dem thierischen Körper abgesetzt. Bienen mit reinem Zucker genährt bilden kein Wachs; wird ihnen aber Honig gereicht, in welchem sich eine höchst kleine Menge Wachs findet, so erzeugen sie Wachs in bedeutender Quantität. Es scheint demnach, als ob die geringen Quantitäten von Fett, die man stärkemehlhaltigen Substanzen in der Nahrung beimischt, wie eine Art Hefe wirken, wodurch der Umsatz des Fettbildners bedingt wird, so daß also unsere gewöhnliche Kochkunst, welche stärkemehlhaltige Nahrung, wie Kartoffeln, Brod 2c. nicht ohne Fett und Schmalz verzehrt, vollkommene rationelle Begründung für ihre alte Empirie findet.

Die Entwicklung der ölhaltigen Pflanzensamen mußte schon darauf hinweisen, daß durch den Vegetationsprozeß das Stärkemehl in Fett übergeführt werden kann. Alle diese Samen enthalten in ihrem Jugendzustande, bevor sie vollständig entwickelt sind, eine bedeutende Menge von Stärkemehl, das allmählich verschwindet und durch Oel ersetzt wird. Da diese Umwandlung nur durch Verlust von Sauerstoff erklärt werden kann, indem das Fett weit weniger Sauerstoff enthält, als das Stärkemehl, so ist es gewiß nicht ohne Bedeutung, daß die fett- und wachsartigen Stoffe bei den Pflanzen am meisten in den äußeren Schichten nahe an der Oberfläche liegen, die bekanntlich unter dem Einflusse des Sonnenlichtes Sauerstoffgas ausscheidet.

Die Fettbildner, welche, wie aus dem Obigen hervorgeht, in dem thierischen Organismus in Fett übergeführt werden, sind in den Pflanzen ganz allgemein verbreitet. Der Stoff, aus dem die jugendlichen Pflanzenzellen bestehen, das Stärkemehl, welches hauptsächlich in denjenigen Pflanzentheilen überreichlich angehäuft ist, die dem Lichte nicht ausgesetzt sind, und das mehrere Abarten zeigt; das Dextrin, welches durch die Einwirkung von Diastase, einem eigenthümlichen Gährungsstoffe, aus Zellstoff und Stärkemehl hervorgeht: alle diese Substanzen bilden eine eigenthümliche Reihe von Körpern, die keinen Stickstoff enthalten und die durch fortgesetzte Einwirkung der Gährungsstoffe in Zucker übergeführt werden. Die verschiedenen Zuckerarten, von welchen der Trauben- oder Krümelzucker der am weitesten verbreitete ist, bilden gewissermaßen das Ziel der Umwandlungen, die in dem pflanzlichen Organismus durch Einwirkung der Gährungsstoffe und der Pflanzensäuren auf das Stärkemehl hervorgebracht werden. Der Zucker selbst aber ist ein höchst unbeständiger Stoff, der, wie wir oben gesehen haben, im Darmkanale in Milchsäure und dann in Buttersäure übergeführt wird. In welcher Weise diese Buttersäure in neutrales Fett übergeht, dies nachzuweisen wird vielleicht einer späteren Zeit gelingen.

Man hat hinsichtlich des Gehaltes der Nahrungsmittel an eiweißartigen Stoffen, Fett und Fettbildern Tabellen entworfen,

Uebersicht der Nahrungsmittel nach ihrem Gehalte in 1000 Theilen.

Thierische Nahrungsmittel.	Wasser.	Eiweißartige Körper.	Fett.	Fettbildner.
1. Käse	368,59	334,65	242,63	—
2. Hühnerei-Dotter . .	523,83	163,62	291,58	—
3. Schweinespeck, frisch .	659,50	127,30	117,70	—
4. Ochsenleber	702,80	136,40	35,85	—
5. Schweinefleisch . . .	706,65	171,27	57,31	—
6. Entenfleisch	716,89	203,39	25,27	—
7. Hammelfleisch . . .	727,00	220,00	27,49	—
8. Kalbsleber	728,00	129,40	23,90	—
9. Ochsenfleisch	733,93	174.63	28,69	—
10. Kalbfleisch	737,54	166,33	25,56	—
11. Taubenfleisch . . .	743,33	209,35	10,00	—
12. Kuhfleisch	751,75	187,83	19,00	—
13. Ochsenhirn	754,50	80,39	165,00	—
14. Hühnerfleisch	762,19	196,29	14,23	—
15. Lachs	768,69	153,02	47,88	—
16. Scholle	770,87	139,95	11,15	—
17. Hecht	775,30	nicht bestimmt	6,00	—
18. Karpfen	785,41	136,60	28,37	—
19. Schellfisch	805,34	129,18	3,77	—
20. Eiweiß	841,04	117,60	—	—
21. Kuhmilch	857,05	54,04	43,05	40,37
22. Ziegenmilch	863,58	46,59	43,57	40,04
23. Frauenmilch . . .	885,66	28,11	35,64	48,17
24. Knochenmark . . .	30,00	10,00	960,00	—
Pflanzl. Nahrungsmittel.				
1. Reis	92.04	50,69	7,55	834,53
2. Hafer	108,81	90,43	39,90	618,43
3. Linsen	113,18	264,94	24,01	559,05
4. Mais	120,14	79,14	48,37	679,45
5. Waizenmehl . . .	124,81	127,07	12,24	723,93
6. Waizen	129,94	135,37	18,54	663,80
7. Roggen	138,73	107,49	21,09	668,45
8. Gerste	144,82	122,65	26,31	582,19
9. Erbsen	145,04	223,52	19,66	526,63
10. Buchwaizen	146,31	77,77	1,02	507,28
11. Gedörrte Zwetschen .	292,66	nicht bestimmt	nicht bestimmt	nicht bestimmt
12. Waizenbrod	431,91	89,88	18,54	470,05
13. Roggenbrod	447,67	nicht bestimmt	—	399,42
14. Kastanien	537,14	44,61	8,73	356,51
15. Kartoffeln	727,46	13,23	1,56	173,30
16. Zwetschen	801,10	8,75		
17. Trauben	802,13	7,40		
18. Aprikosen	816,92	6,32	nicht bestimmt	
19. Aepfel	821,33	3,91		
20. Birnen	832,38	2,35		
21. Gelbe Rüben	853,09	15,48	2,47	83,79
22. Weiße Rüben . . .	922,85	14,20	—	—
23. Gurken	971,40	1,30	—	20,00

welche den Werth der einzelnen Nahrungsmittel in Beziehung auf den Gehalt dieser Stoffe übersichtlich darstellen. Wir geben S. 98 eine solche, in welcher wir zu dem Gehalte dieser verschiedenen Bestandtheile in tausend Theilen auch noch den Gehalt an Wasser hinzugefügt haben. Es ist klar, daß dieser vor allem in Berücksichtigung gezogen werden muß, wenn man den Nutzeffect eines Nahrungsmittels erwägen will, und daß er vorzugsweise bei der Frage des Transportes in Betracht kommt — eine Frage, die bei den so enorm gesteigerten Beziehungen zwischen einzelnen Ländern und der in unserer kriegführenden Zeit so wichtigen Ernährung der Truppen im Felde bedeutend in das Gewicht fällt. Der Wassergehalt ist es, welcher einzelne Nahrungsmittel an die Scholle bindet, andere dagegen vorzugsweise zum Transporte eignet, abgesehen von der Zersetzbarkeit der Stoffe. Wer tausend Centner Reis transportirt, zahlt nur für 92 Centner Wasser Fracht — wer aber tausend Centner Kartoffeln verlädt, befrachtet sein Fahrzeug mit 727 Centnern Wasser. Mit weißen Rüben auf dem Felde kann man allenfalls einen Tag hindurch seinen Hunger täuschen, nicht aber sich nähren, so viel Wasser enthalten sie.

In dem Zell- und Bindegewebe, welches Fleisch und sonstige thierische Nahrungsmittel in reichlichem Maße umhüllt, in den Knochen und Knorpeln wird unserem Körper eine ziemlich bedeutende Menge von Substanzen zugeführt, welche bei längerem Kochen Leim geben. Bei manchen zum Theil geschätzten Nahrungsmitteln, wie z. B. Schweinsfüßen, Kalbsohren und den verschiedenen Gelées bildet sogar dieser thierische Leim die Hauptmasse. Offenbar gehen diese leimgebenden Substanzen aus der Umwandlung der Blutbildner hervor und es ist zugleich höchst wahrscheinlich, daß sie im Körper wieder in Eiweiß oder Faserstoff zurückgewandelt werden können. Während Hunde ihr Leben von Gelatine, die eine mißverstandene sparsame Philantropie einst als Nahrungsmittel einführen wollte, nicht fristen konnten, gediehen sie bei einer Fütterung mit frischen Knochen ganz vortrefflich, obgleich die thierische Grundlage der Knochen nur aus

leimgebender Substanz besteht. Da aber Knochen niemals so sauber geputzt werden können, daß nicht Fleischreste, Blut und Mark an ihnen haften blieben, so darf man aus der Thatsache wohl den Schluß ziehen, daß zwar die leimgebenden Substanzen für sich allein nicht als Nahrung benutzt werden können, daß sie aber in ähnlichem Verhältnisse zu dem Organismus stehen, wie die Fettbildner, und nur dann in eiweißartige Stoffe umgewandelt werden, wenn eine gewisse Quantität derselben der Nahrung beigesellt ist und als Gährungsstoff zur Umwandlung der leimgebenden Substanzen dient.

Schon oben deuteten wir darauf hin, daß auch die anorganischen Bestandtheile, die unser Körper enthält, durch die Nahrungsmittel zugeführt werden müssen, da diese Bestandtheile nicht minder, wie die organischen, für den Organismus und die Forterhaltung seines Lebens wesentlich sind. Unsere Knochen enthalten eine große Menge erdiger Bestandtheile, namentlich phosphorsauren Kalk; unser Blut Eisen und eine Menge alkalischer Salze; alle unsere Secretionen, wie Harn, Galle rc. enthalten eine bestimmte Quantität feuerbeständiger Salze, welche man meist durch Verbrennung als Asche bestimmt. Alle diese Salze kann der Organismus nicht erschaffen, sie müssen ihm in der Nahrung geboten werden. Mit dem gewöhnlichen Trink- und Kochwasser schon nehmen wir eine gewisse Menge von Salzen, wie z. B. kohlensauren Kalk, Gyps rc. zu uns. Der Gebrauch des Kochsalzes ist keine Zufälligkeit, sondern tief in den Ernährungsgesetzen unseres Körpers begründet; in der Blutflüssigkeit wie in dem Knorpel ist eine bedeutende Menge von Kochsalz enthalten. Bei der Gegenwart von Kochsalz geht der Stoffumsatz in den Geweben mit gesteigerter Geschwindigkeit vor sich; aus ihm entsteht die freie Salzsäure, ohne welche keine Magenverdauung Statt finden kann. Es ist jedem Landwirthe bekannt, daß Hühner nur schlecht und wenig Eier legen, wenn man sie verhindert, den Kalk an den Mauern zu picken; sie bedürfen dieses Kalkes zur Construction der Eierschalen. Ein Kind, welches sein Skelett baut, bedarf einer bedeutenderen Menge phosphor-

saurer Kalkerde, als ein Erwachsener, und die Thatsache, daß scrophulöse und rachitische Kinder gerne Erde und Kalk essen, findet ganz einfach in dem Umstande seine Erklärung, daß die Absonderungen dieser Kinder eine bedeutende Menge von Kalksalzen enthalten, und sie demnach das Bedürfniß fühlen, diesem Abgange entgegen zu arbeiten.

Soll demnach die Kost wirklich nährend für den Organismus sein, so müssen sich darin, vom chemischen Standpunkte aus, drei Bedingungen verwirklichen : die gebotenen Substanzen müssen Blutbildner zur Ernährung der stickstoffhaltigen, Fett oder in Fett wandelbare Stoffe zum Ersatz der stickstofflosen Körperbestandtheile, und eine angemessene Menge der im Körper vorkommenden anorganischen Verbindungen, Wasser und Salze enthalten. Länger fortgesetzte Entbehrung einer jeden Bedingung tödtet unausbleiblich den Organismus, der sich selbst zerstört, um seinen Ausgaben zu genügen. Indeß erfolgt der Tod bei ausschließlicher Ernährung mit einer oder der anderen Klasse von nothwendigen Stoffen nicht in derselben Zeit. Eine Ernährung, in welcher die Blutbildner fehlen, ist fast mit völligem Hungern gleichzusetzen; Hunde, welche man mit reinem Zucker, Stärke, Oel, Butter oder Gummi fütterte, starben fast zu derselben Zeit, wie andere, welche nur reines Wasser erhielten und auf diese Weise den Hungertod starben. Clouet versuchte sich nur mit Kartoffeln, die sehr wenig Eiweiß enthalten, und Wasser zu ernähren; nach einem Monate hatte er so sehr abgenommen, daß die weitere Fortsetzung dieser unzweckmäßigen Ernährung mit Lebensgefahr verbunden gewesen wäre. Fütterung mit reinen Blutbildnern, Faserstoff oder Eiweiß, erhielt das Leben zwar länger, allein auch nicht auf die Dauer, und es ist leicht einzusehen, daß diese längere Erhaltung auf dem Umstande beruht, daß jeder thierische Organismus eine gewisse Menge überflüssigen Fettes, gleichsam als Reserve, bewahrt, wovon er in geeignetem Falle Gebrauch machen kann. Versuche über Fütterung mit Substanzen, welche keine unorganischen Salze lieferten, hat man bis jetzt nur an Vögeln angestellt; die Thiere starben erst nach

verhältnißmäßig langer Zeit, und bei der Section fanden sich ihre Knochen erweicht, verdünnt, durchlöchert, ihrer erdigen Bestandtheile theilweise beraubt. Mangel an Wasser tödtet in kürzester Zeit unter den heftigsten Erscheinungen.

Die chemische Zusammensetzung der Nahrungsmittel, ihr Gehalt an Blutbildnern, Fett, Wasser und anorganischen Salzen reicht aber noch nicht hin, die Stoffe zum Genusse tauglich zu machen; ein wesentliches Erforderniß ist noch, daß die Form, in welcher sie geboten werden, auch den Verdauungskräften angemessen sei. Auf Erzielung dieser leichteren Auflöslichkeit der Nahrungsstoffe sind jene vorgängigen chemischen Operationen gerichtet, welche wir unter dem Namen der Kochkunst begreifen. Theils durch die Zerkleinerung und zweckmäßige Mischung, theils durch Einwirkung der Wärme bringen wir unsere Speisen in einen Zustand, wo die Verdauungskräfte in weitester Ausdehnung auf sie wirken können, und je nachdem schon die organische Substanz an und für sich leichter oder schwerer durch der Verdauungsflüssigkeiten auflösbar ist, unterscheiden wir leicht oder schwer verdauliche Speisen. Es unterliegt keinem Zweifel, daß auch diese Verhältnisse nach genauen chemischen Analysen der in Betracht kommenden Agentien klar gemacht werden können; allein einerseits stehen unsere Kenntnisse der Zusammensetzung der Nahrungsmittel noch nicht auf der nöthigen Stufe der Vollendung, während anderseits die Verdauungsflüssigkeit individuelle Abweichungen zeigen kann und zeigt, deren Grenzen wir noch nicht kennen. Ja selbst bei durchaus ähnlichen Stoffen treten Verhältnisse ein, die durch die heutige Chemie noch nicht enträthselt werden können. Ochsenfleisch und Kalbfleisch zeigen keine wesentlich verschiedene chemische Zusammensetzung, und dennoch ist das eine weit leichter verdaulich, als das andere. Da alle eiweißähnlichen Substanzen zweierlei Modificationen, eine lösliche und unlösliche, zeigen, und überhaupt alle organischen Körper, die als Nahrung dienen, sich sehr leicht umwandeln, so ist es erklärlich, daß solche Verschiedenheiten in der Löslichkeit sonst chemisch gleichwerthiger Substanzen vorkommen können.

Die Kenntniß der Nahrungsmittel von diesem Gesichtspunkte aus ist aber von der höchsten praktischen Wichtigkeit, und von alten Zeiten her hat man schon auf verschiedenen Wegen zu solcher Kenntniß zu kommen gesucht. Der Erbsenbrei und das Pöckelfleisch, die einen Matrosen trefflich nähren, würden einen am Nervenfieber oder Schwäche des Magens leidenden Kranken ohne Weiteres tödten. Ein Jeder zwar kennt mehr oder weniger aus Erfahrung, was ihm zusagt und was nicht; aus der Vergleichung dieser Erfahrung sind allgemeine Regeln der Diät hervorgegangen, welche überall so ziemlich dieselben sind. Versuche von wirklich wissenschaftlichem Werthe über diese Frage sind aber erst in neuester Zeit gemacht worden, und vielleicht, daß sich auf die eine oder andere Weise Gelegenheit bietet, sie zu vervollständigen.

Ein canadischer Arzt hatte zu seiner Disposition einen Jäger, dem in Folge einer bedeutenden Schußwunde eine Oeffnung im Magen zurückgeblieben war, durch welche man sich über alle Vorgänge in diesem Organe leicht Auskunft verschaffen konnte. Sobald der Mann eine Mahlzeit zu sich genommen hatte, wurden die Fortschritte der Verdauung beobachtet und der Zeitpunkt bestimmt, wo die Umwandlung in Speisebrei vollendet war. Andere Beobachter benutzten die Fähigkeit, sich willkürlich zu erbrechen, um die genossenen Nahrungsmittel von Zeit zu Zeit wieder heraufzubefördern und den Fortschritt ihrer Umwandlung zu constatiren. Da indeß die Mengen der genossenen Nahrungsmittel bei diesen Versuchen nie bestimmt wurden, die mechanische Auflösung und Zertheilung z. B. der Fette mit der chemischen Auflösung vielfach verwechselt und endlich der Uebertritt der Stoffe aus dem Magen in den Darm als gleichbedeutend mit der geschehenen Verdauung angesehen wurde, was doch, wie wir oben gesehen haben, durchaus nicht der Fall ist, so haben die Versuche dieser Art nur einen geringen wissenschaftlichen Werth. Später ergab sich in Dorpat ein dem canadischen Jäger ähnlicher Fall einer Magenverwundung, die mit Zurücklassung einer Oeffnung nach Außen geheilt worden war. Die Frau, welche den Gegen-

stand dieser Beobachtung bildete, befand sich vollkommen wohl, säugte ein Kind, aß und trank aber sehr viel, weil sie stets eine Menge von Magensaft und Speiseresten durch die Oeffnung verlor. Die angestellten Versuche bewiesen, daß der menschliche Magensaft Eiweiß und Fleisch weit langsamer verdaut, als derjenige der Hunde; daß die durch den Speichel eingeleitete Zuckerbildung im Magen nicht aufhört, sondern durch denselben in den Darm hinein sich fortsetzt; daß Eiweiß, Fleisch und ähnliche Stoffe den Magen verlassen, lange bevor sie gänzlich aufgelöst sind; daß Fett während der ganzen Verdauung in Tropfen aufgelöst im Speisebreie sich nachweisen läßt. Es enthalten diese Versuche also die vollständigste Bestätigung der mit künstlicher Verdauung angestellten, beweisen aber zugleich, daß die Magenverdauung selbst noch innerhalb des Darmes sich fortsetzen muß, indem nach Beendigung derselben höchstens ein Viertel der löslichen eiweißartigen Stoffe wirklich gelöst war.

Zur Controlirung der über die Darmverdauung und den Einfluß der Galle und des Bauchspeichels gemachten Versuche an Thieren diente eine Frau, welcher ein wüthender Stier mit dem Horne den Bauch aufgerissen hatte. Eine aus der Wunde vorgefallene Darmschlinge wurde brandig und es entstand eine äußere Oeffnung, von welcher aus man nach oben und unten in den Dünndarm gelangen konnte. Aus der oberen Oeffnung flossen Nahrungsreste mit Galle, Bauchspeichel und Darmsaft gemischt aus. Die Frau hatte beständigen Heißhunger, selbst wenn ihr Magen vollständig gefüllt war; ein Beweis, daß die Oeffnung hoch oben im Darm sich befand, und daß von den verzehrten Nahrungsstoffen nur sehr wenig in den Körper aufgenommen wurde. Auch traten in der That die ersten Theile der verspeisten Nahrungsstoffe schon nach einer halben Stunde aus der Darmfistel hervor und innerhalb vier Stunden etwa hörte nach einer reichlichen Mahlzeit der Austritt auf. Man mußte die Ernährung dadurch vervollständigen, daß man Fleischsuppen, Eier, ja selbst Fleisch in diejenige Oeffnung einstopfte, welche mit dem unteren Darmstücke zusammenhing und in die aus

der oberen Darmöffnung nichts übertreten konnte. That man dies, so entleerte die Frau Excremente von fürchterlich aashaftem Gestank, ganz so wie die Hunde, welchen man, wie oben angeführt, die Galle aus dem Darme abgeleitet hatte. Nichts destoweniger wurde etwa ein Viertel der in das untere Darmstück eingeschobenen eiweißartigen Stoffe aufgelöst und Stärke dort mit großer Kraft in Zucker umgewandelt, Fett dagegen nur in sehr geringem Maße aufgenommen.

Man sieht, daß es einer großen Menge vergleichender Versuche mit verschiedenen Individuen bedürfte, um die allgemeinen, zur Grundlage einer Diätetik dienenden Regeln aufstellen zu können. Bis dahin wird die Diätetik stets mehr oder minder dem reinen Empirismus verfallen bleiben und der Arzt seinen Reconvalescenten diejenige Speise als die verdaulichste rathen, die er selbst am leichtesten verdaut. Die Wahl der Nahrungsmittel an sich ist aber nicht nur individuell höchst wichtig, sondern auch in politisch-ökonomischer Rücksicht eine bedeutende und weltbewegende Frage. Die Production der Nahrungsmittel steht in der engsten Beziehung zu dem Grade der Cultur und Civilisation, zu welchem sich die Menschheit erhoben hat, und der Hauptzweck der Landwirthschaft, welche insofern die Basis einer jeden Civilisation bildet, als sie nothwendig feste Wohnsitze voraussetzt, beruht auf der größtmöglichsten Erzeugung von Nahrungsstoff auf einem gegebenen Raume der Erdoberfläche. Da aber nicht alle Producte der Landwirthschaft in gleichem Maße und in gleicher Richtung nährend wirken, so sei es uns erlaubt, hier einige Worte über den Werth der Nahrungsmittel in physiologischer Beziehung beizufügen.

Wir sahen oben, daß nach dem Einflusse, welchen die verschiedenen durch die Nahrungsmittel eingeführten Stoffe auf den Körper haben, wir dieselben in verschiedene Klassen eintheilen können, daß wir anorganische Stoffe, Blutbildner und Fettbildner bedürfen, um die Ernährung nach allen Richtungen in vollständiger Weise vor sich gehen zu sehen. Ein Nahrungsmittel wird deshalb dann seinen Zweck am Besten erfüllen, wenn es

vielfältig gemischt ist und in seiner Mischung eine dem Körper analoge Zusammensetzung aus den angeführten Substanzengruppen zeigt. Wo diese Mischung der Nahrungsmittel fehlt, da wird dasselbe, für sich allein genommen, bei längerem Gebrauche untauglich, das Leben zu erhalten, und da die wenigsten Nahrungsmittel eine solche Mischung zeigen, so müssen wir bei der Ernährung unseres Körpers durch zweckmäßiges gemeinschaftliches Genießen verschiedener Substanzen, welche in ihrer Gesammtheit dem genannten Bedürfnisse entsprechen, die fehlerhafte Mischung der vereinzelten Nahrungsmittel ersetzen. Der Wechsel der Nahrungsmittel ist demnach ein höchst wichtiges Gesetz für den Einzelnen wie für die Gesammtheit, und nicht minder ist die gehörige Zusammenstellung verschiedenartiger Nahrungsmittel eine absolute Nothwendigkeit. Der Ekel, welchen die stete Wiederkehr desselben Gerichtes erregt, ist kein Resultat der Verwöhnung unseres Gaumens, sondern ein Sträuben des Organismus gegen die ihm schädlich werdende Nahrung, die seinen Bedürfnissen nicht mehr zu entsprechen vermag.

Wir besitzen einige von der Natur gebotene Nahrungsmittel, die solche Mischung bieten. Eines der substanziellsten Nahrungsmittel sind ohne Zweifel die Eier fast aller Vögel, weniger diejenigen der Reptilien und Fische. Entwickelt sich ja doch aus dem im Ei angehäuften Stoffe, ohne andere Zufuhr von außen, als diejenige der Luft, der ganze Körper des jungen Thieres mit Fleisch, Blut, Knochen und Eingeweiden, so daß also in der That der Dotter mit dem Eiweiß alle diejenigen Stoffe enthält, welche der thierische Körper überhaupt zu seinem Aufbaue nöthig hat. Im Durchschnitte wiegt ein Hühnerei 60 Gramm, wovon auf die Schale 6 Gramm, auf den Dotter 18, auf das Eiweiß 36 kommen. Dotter und Eiweiß enthalten aber im Ganzen etwas mehr als $^7/_{10}$ Wasser, $^1/_{100}$ Salze, $^1/_{10}$ Fett und etwas mehr als $^1/_{10}$ Eiweiß und Dotterstoff. Phosphorsäure, Schwefelsäure, Salzsäure, Kali, Natron, Kalk und Eisen — alle diese Hauptbestandtheile aus der anorganischen Welt, welche der Organismus bedarf, sind im Hühnerei vertreten; das

Fett wie die Blutbildner in möglichst löslicher Form geboten. Es ist also kein Zweifel, daß das Ei allen Anforderungen entspricht, die man an ein gemischtes Nahrungsmittel machen kann. Doch ist es ein Irrthum, wenn man zu sagen pflegt, daß ein Ei genüge, um den Menschen während 24 Stunden zu nähren, indem im Gegentheile, wenn man die Menge der im Dotter enthaltenen Bestandtheile berücksichtigt, etwa 17 bis 18 Hühnereier dazu gehören würden, um das Bedürfniß eines arbeitenden Mannes zu decken.

Die Natur selbst hat uns in Betreff der Zusammensetzung eines typischen Nahrungsmittels, das für sich allein genommen den Bedürfnissen des jugendlichen Organismus (aber auch nur dieses) vollständig zu genügen vermag, das beste Beispiel in der Milch aufgestellt, mittelst welcher die jungen Säugethiere während einiger Zeit vollkommen ausreichend ernährt werden. Die Milch ist eine stark wasserhaltige Flüssigkeit, in welcher eine bedeutende Quantität Milchzucker, also ein fettbildender Körper, und etwa eben so viel Käsestoff als blutbildender Bestandtheil aufgelöst ist. Die Salze in der Milch fehlen nie und sie bestehen größtentheils aus phosphorsauren Salzen, aus Chlorkalium und Kochsalz, sowie aus einer kleinen Menge freien Natrons, welche die Löslichkeit des Käsestoffes im Wasser bedingt. Außerdem schwimmt in der Milch in äußerst feinen Tröpfchen und Kügelchen vertheilt ein leicht schmelzbares, neutrales Fett, die Butter. Man kann rechnen, daß in einer gesunden Frauenmilch im Mittel in tausend Theilen sich finden : Wasser 886, Käsestoff 28, Butter 36, Milchzucker 48, Salze 2 Theile. Die Kuhmilch enthält fast die doppelte Menge an Käsestoff, weniger Zucker und mehr Butter, während die Eselsmilch der Frauenmilch in ihren Proportionen sehr nahe kommt. Die Zusammensetzung der Milch hängt übrigens sehr von der Nahrung und besonders auch von der Quantität derselben ab. Reichliche Nahrung ist die Hauptsache — vermehrt wird aber die Milchproduction besonders durch reichliches Trinken und Fleischnahrung. Dem Säuglinge wird also in dieser Flüssigkeit ein blutbildender Stoff in der leichtlöslichsten Form des

Käsestoffes, ein fettbildender in dem Milchzucker und ein leicht lösliches Fett zugeführt, welches, wie wir oben sahen, sicherlich zum Umsatze des Zuckers in Fett wesentlich beiträgt. Außerdem erhält der Säugling in dem phosphorsauren Kalke der Milch das wesentlichste Salz, dessen er zum Aufbau seines Skelettes so sehr benöthigt ist. Alle diese Stoffe sind zugleich in einer so großen Menge von Wasser aufgelöst, daß diese hinreicht, um den Stoffwechsel durch den Organismus hindurch zu vermitteln. Wie aber aus den Analysen hervorgeht, muß der Kuhmilch, um sie dem Säuglinge genehm zu machen, Wasser und Milchzucker zugesetzt werden.

Merkwürdiger Weise stehen die Samen der Getreidearten, der Hülsenfrüchte, überhaupt die wesentlichsten Erzeugnisse der Landwirthschaft in ihrer Eigenschaft als Nahrungsmittel der Milch am allernächsten, so daß man sie fast als Pflanzenmilch in fester Gestalt bezeichnen könnte. Es finden sich hier dieselben Salze, und namentlich der reiche Gehalt an phosphorsauren Salzen, wie in der Milch; es findet sich eine ziemlich bedeutende Quantität von Blutbildnern, die man im unreinen Zustande als Kleber bezeichnet; es finden sich endlich etwa 60—70 Procent eines fettbildenden Stoffes, des Stärkemehls, welches leicht in Zucker und die übrigen Producte der Zersetzung übergeführt werden kann. Nur Eins fehlt den eigentlichen Getreidearten : das freie Fett, welches nur in höchst geringer Quantität im Waizen und Roggen, in größerer dagegen im Mais vorkommt, weshalb dieser auch zum Mästen und zur Fetterzeugung allgemein vorgezogen wird. Eben so ist es merkwürdig, zu sehen, daß der Instinct auch den Mangel der Getreidearten und des daraus bereiteten Brodes an Fett richtig eingesehen hat und demselben durch Fettzusatz beim Genusse entgegen zu wirken sucht. Das Butterbrod, welches bei der Ernährung der germanischen Völkerstämme eine so bedeutende Rolle spielt, hat hierdurch seine wissenschaftliche Grundlage und Berechtigung gefunden und kann wirklich als ein ziemlich vollkommener Ersatz der Milch bezeichnet werden.

Wenn die Getreidearten und Hülsenfrüchte das Beispiel einer wohlgemischten Nahrung bieten, so sind dagegen die **Kartoffeln** ein durchaus einseitiges Nahrungsmittel, in welchem die stickstoffhaltigen Bestandtheile gänzlich zurücksinken und nur das Stärkemehl vorwiegt. Zudem enthalten die Kartoffeln eine ungemein große Quantität von Wasser (zwischen 70 und 80 Procent) und eine höchst geringe Anzahl von Salzen, unter welchen die phosphorsauren namentlich gänzlich mangeln. Es ist kaum möglich, ein Nahrungsmittel zu finden, welches in jeder Beziehung so ungünstige Verhältnisse darbietet, als die Kartoffel; und wenn dieselbe dennoch eine so ungemeine Bedeutung in der Oekonomie der Gesellschaft erlangt hat, so liegt der Grund davon in Verhältnissen, die unabhängig von ihrem Werthe als Nahrungsmittel an sich sind. Nebengründe liegen in der bedeutenden Acclimatisationsfähigkeit, die den Anbau der Kartoffel von Lappland bis in die Nähe des Tropenklimas möglich macht; in der Beziehung zu dem Boden, der durch die Kartoffel nicht an denjenigen Substanzen erschöpft wird, welche die Getreidearten nöthig haben; — der Hauptgrund der allgemeinen Verbreitung des Kartoffelanbaues aber liegt in der Thatsache, daß man mittelst der Kartoffel dem Boden weit mehr feste Bestandtheile abgewinnen kann, als mit irgend einer anderen Frucht. Diese Bestandtheile mögen in höchst ungünstigen Mischungsverhältnissen und in äußerst ungünstiger Form, nämlich in einer Menge von Wasser aufgeschwemmt dem Verbrauche dargeboten werden, ihre absolute Menge bleibt dennoch so bedeutend, daß der Kartoffel hierdurch ein wesentlicher Vorzug gesichert ist. Ein Beispiel wird dies schlagend beweisen. Von einer Hektare Land wurden unter gleichen Umständen geerndtet :

Pfd. Waizen,	Pfd. Roggen,	Pfd. Erbsen,	Pfd. Kartoffeln,
3400	2800	2200	38000

In diesen Mengen sind aber enthalten :

	im Waizen	im Roggen	in den Erbsen	in den Kartoffeln
	Pfd	Pfd.	Pfd.	Pfd.
Blutbildner	459	300	493	494
Fettbildner	2319	1932	1811	8726
Salze	68	42	53	380
Wasser	442	389	319	27626

Der Vortheil der Stofferzeugniß liegt demnach bei der Kartoffel gänzlich auf Seite des Producenten; der Nachtheil gänzlich auf Seite des Consumenten, der zur Bewältigung eines in unzweckmäßiger Form und unzweckmäßiger Mischung dargebotenen Nahrungsmittels die größte Summe von Verdaunngskraft zur Erzielung des kleinsten Nutzeffectes verwenden muß. Es ist demnach vollkommen wahr, wenn ein bedeutender Forscher in diesem Felde sich dahin ausdrückt, daß mit der vorwiegenden Kartoffelnahrung die ärmere Klasse auf das letzte Hilfsmittel hingewiesen sei, auf dem äußersten Rande stehend keinen Boden mehr vor sich habe, und daß der arme Arbeiter und arme Bauer die entsetzliche Aufgabe lösen müsse, mit einem Minimum von Nahrung von mangelhafter Beschaffenheit das größte Maß von Arbeit zu leisten.

In directem Gegensatze zur Kartoffel steht das Fleisch, in welchem bei fast eben so großem Wassergehalte die stickstoffhaltigen Substanzen durchaus vorwiegen und die stickstofflosen nur durch das anhängende Fett vertreten sind. Dieses letztere ist ein durchaus nöthiger Zusatz zu dem Fleische selbst, und die Civilisation sucht denselben in das richtige Verhältniß zu bringen, indem sie die Thiere mästet, wodurch nicht die Masse des Muskelfleisches, sondern nur diejenige des Fettes im Organismus vermehrt wird. Außer dem Faserstoffe, dem Eiweiße und der leimgebenden Substanz, die in dem Fleische enthalten sind, findet man in dem wässerigen Fleischauszuge noch eine Menge von Stoffen, welche zum Theil, wie es scheint, Zersetzungsproducte der Fleischfaser selbst sind. Diese Stoffe sind es, welche den einzelnen Fleischsorten ihren eigenthümlichen Geschmack geben.

Zerhackt man Fleisch ganz fein und laugt es vollständig mit Wasser aus, so bleibt ein völlig weißer, geschmackloser Rückstand, der bei jederlei Fleisch dieselben Eigenschaften zeigt. Dieser in Wasser ungelöste Rückstand ist aber größtentheils Faserstoff, der durch die Magenverdauung ebenfalls aufgelöst wird. In kaltem, mit 1 Tausendtheil Salzsäure zersetztem Wasser (Liebig's Fleisch-Aufguß) lösen sich von 1000 Theilen fein zerhackten Ochsenfleisches 66 Theile auf, worunter fast 30 Theile Eiweißstoffe, das übrige Extractivstoffe und Salze. Dieser kalte Aufguß enthält Alles im Fleische Lösliche in schon halb verdauter Form — ist also ein völliger Ersatz des Fleisches für solche Personen, deren Kräfte zu sehr gesunken sind, um eine normale Verdauungsarbeit zu bewältigen.

Die Fleischbrühe, wenn sie so bereitet wird, daß man das Fleisch mit kaltem Wasser übergießt und nach und nach zum Kochen bringt, enthält dieselben Extractivstoffe und Salze, aber keine Eiweißstoffe, da diese gerinnen und als Schaum abgeschöpft werden. Die einfachste Zubereitung des Fleisches ist demnach sicherlich das Braten, welches so geleitet werden muß, daß rasch eine Hülle von gerösteten Stoffen um das Fleischstück gebildet wird, wodurch das Verdampfen der Fleischflüssigkeit verhütet und das Innere in einer Hitze, die höchstens 70° erreichen darf, erhalten wird. Bei dem Kochen des Fleisches werden hingegen die nährenden Bestandtheile in zwei Theile geschieden : in die Fleischbrühe, welche die im Wasser löslichen Stoffe, und in das Fleisch selbst, welches hauptsächlich die unlöslichen Stoffe enthält. Je besser die Fleischbrühe, desto ausgelaugter und geschmackloser ist das Fleisch, und umgekehrt. Der Uebelstand des vollständigen Auslaugens, der bei kleineren Stücken stattfindet, wird bei größeren dadurch verhütet, daß das Eiweiß der Fleischfaser durch das Kochen gerinnt und so eine Hülle von geronnenem Eiweiß um das Kochstück gebildet wird, welche das Eindringen des Wassers in das Innere und das Auslaugen desselben verhindert. Darin liegt denn auch die Ursache, warum große Haushaltungen, in welchen gewaltige Stücke Fleisch im Ganzen gekocht werden,

zugleich gute Fleischbrühsuppe und gutes gekochtes Fleisch liefern können, während die kleine Haushaltung entweder nur geschmackloses Fleisch und gute Fleischbrühe, oder gutes Fleisch und schlechte Fleischbrühe, nie aber Beides zugleich liefern kann.

Der stärkende, belebende Einfluß der Fleischbrühe liegt nicht sowohl in ihrem Gehalte an stickstoffreichen Substanzen, der verhältnißmäßig sehr gering ist, sondern vielmehr in der Natur dieser Bestandtheile selbst. Der Fleischextract enthält nämlich eine krystallisirbare, neutrale, stickstoffhaltige Substanz, das Kreatin (Fleischstoff), welches am reichlichsten in mageren Thieren, die viele Bewegung haben, enthalten ist, und zugleich bei Vögeln, namentlich bei den Hühnern, in größerer Menge vorkommt, als bei den Säugethieren. Durch eine eigenthümliche Zersetzung, die auch schon im lebenden Muskel stattfindet, erzeugt dieser Fleischstoff einen anderen stickstoffhaltigen Körper, das Kreatinin (Fleischbasis). Dieses Kreatinin bildet wirklich mit Säuren Salze und ist eine wahre organische Basis, ein Alkaloïd, wie das Chinin, das wirksame Princip der Chinarinde, oder das Morphin, das wirksame Princip des Opiums. Alle diese Alkaloïde haben eine merkwürdige, tief eingreifende, wenn auch theilweise noch nicht näher analysirte Wirkung auf den Organismus, die durchaus nicht im Verhältniß zu ihrem Stickstoffgehalte steht. Wahrscheinlich wirken sie in ähnlicher Weise wie Gährungsstoffe, Umsetzungen einleitend, wobei sie selbst in ihrer Mischung nicht verändert werden, so daß sie selbst unzersetzt durch den Körper durchgehen können, wenn sie gleich in demselben die bedeutendsten Spuren ihrer Wirksamkeit zurücklassen, wie dies von denjenigen Alkaloïden, die häufig als Arzneimittel angewandt werden, wie z. B. dem Chinin, hinlänglich bekannt ist. Von besonderer Wichtigkeit sind aber dann noch in der Fleischbrühe und in dem Fleischextract, das jetzt in so bedeutenden Mengen aus den Platastaaten in den Handel kommt und nichts anderes ist als eine durchaus fettlose, eingedickte Fleischbrühe — von besonderer Wichtigkeit sage ich, sind die Salze, die sich darin finden, saures phosphorsaures Kali vor allen Dingen. In hundert Theilen Fleischasche finden sich 35 bis 48 Theile

Phosphorsäure und 34 bis 39 Theile Kali, die größtentheils in die Fleischbrühe übergehen. Außerdem finden sich in der Fleischbrühe Milchsäure und milchsaure Salze. Alle diese Stoffe aber haben eine anregende, belebende, stärkende Wirkung auf die Nerven und als solches Mittel sind Fleischbrühe und Liebig'sches Fleischextract unschätzbar. Während sie für sich das Leben nicht erhalten können, beleben sie nicht nur die Verdauung, sondern das ganze Spiel des Organismus.

Die Cultur hat in den Kreis der Lebensmittel von allgemeinem Bedürfniß zwei Substanzen gezogen, welche früher nur dem Luxus angehörten und die durch ihre Zusammensetzung der Fleischbrühe nahe treten. Ich meine den Kaffee und den Thee, ersterer mehr auf dem Festlande Europas, letzterer mehr in England und Amerika ein Volksbedürfniß ersten Ranges. Man schätzt die Menge des jährlich auf der ganzen Erde verbrauchten Kaffee's auf etwa 5 Millionen Centner, die des Thee's auf etwa 7½ Millionen Centner — also wirklich fast fabelhafte Summen. Täglich steigt der Verbrauch, und je mehr mit zunehmender Verarmung die Kartoffelnahrung Boden gewinnt, desto hartnäckiger hängt das Volk an dem Kaffeegenusse, der als ein nothwendiges Surrogat seinen Platz einnimmt. Kaffee und Thee enthalten aber durchaus denselben chemischen Grundbestandtheil, das sogenannte Caffeïn und Theeïn, das ebenfalls in die oben berührte Klasse der Alkaloïde gehört. Die Wirkung dieses Alkaloïds auf den Körper ist eine wesentlich erregende, auf die wir später bei der Analyse der Functionen des Nervensystems näher zurückkommen werden. Sie steht aber in keinem Verhältniß zu der Menge des Stoffes. Wenn man daher, nachdem einmal die Uebereinstimmung der Zusammensetzung im Thee und Kaffee erkannt und der reiche Gehalt des darin enthaltenen Alkaloïds an Stickstoff ermittelt war, behauptete, der Kaffee- und Theegenuß sei ein Ersatzmittel des mangelnden Fleisches, so ist dieses insofern unrichtig, als der Gehalt an fester Substanz im Kaffee und Thee viel zu gering ist, um einen unmittelbaren Ersatz für den Verbrauch der stickstoffhaltigen Substanzen des

Körpers geben zu können. Kaffee und Thee sind gewissermaßen vegetabilische Fleischbrühen; das Leben können sie nicht erhalten. Die mächtig erregende Wirkung des Alkaloïds in dem Aufgusse läßt vielmehr den Thee und Kaffee deshalb suchen, weil ihr Genuß die Bewältigung der in so ungünstigen Verhältnissen dargebotenen Nahrung möglich macht.

Die Chocolade enthält ebenfalls in freilich sehr geringer Menge ein Alkaloïd, das Theobromin, welches hinsichtlich seiner physiologischen Wirkung wohl dem Caffeïn ähnlich ist. Außer diesem aber enthält sie viel Fett, — die sogenannte Cacaobutter — Stärke, Eiweiß und Legumin, ist also weit mehr als irgend ein anderes Getränk wahrhaft ein flüssiges Nahrungsmittel, indem sie die beiden Hauptklassen der direct nährenden Stoffe enthält.

Während die Chocolade gewiß mehr ihrer nährenden Eigenschaft wegen eine allgemeinere Verbreitung gewonnen hat, ist es beim Kaffee und Thee die Einwirkung auf das Nervensystem, die angenehme Erregung desselben, sowie die Verlangsamung des Stoffwechsels, welche diese Getränke zu einem allgemeinen Bedürfnisse gemacht haben, und in diesem letzteren Punkte schließen sich namentlich die geistigen gegohrenen Getränke, welche Weingeist in mehr oder minder concentrirter Form enthalten, die Branntweine, Weine und Biere am nächsten an. Das Bier hat noch, ähnlich wie die Chocolade, eine direct mästende Eigenschaft durch seinen Gehalt an Extractivstoffen, Zucker, Stärke und Dextrin, wie dies die bairischen Bierbäuche zur Genüge beweisen; — die Weine enthalten so wenig Zucker, daß diese Eigenschaft gänzlich außer Acht gelassen werden kann und die gebrannten Wasser enthalten nur Alkohol mit Wasser und höchst geringen Beimischungen von ätherischen, flüchtigen Oelen. Bei allen diesen Getränken ist es nicht mehr der directe Einfluß auf das vegetative Leben, auf Verdauung und Ernährung, sondern derjenige auf das Nervensystem, welchen man in ihnen eben so sucht, wie in den übrigen rein narcotischen Genußmitteln, dem Tabak, dem Opium, dem Haschisch und ähnlichen Stoffen. Es

existirt, wie ein Schriftsteller richtig bemerkt, kein Volk auf der ganzen Erde, welches nicht eines oder mehrere jener narcotischen Genußmittel verzehrte, und es muß deshalb ihr Genuß einen tieferen Grund haben. Die eigentlichen Nahrungsmittel sind unumgänglich nothwendig, die narcotischen Genußmittel aber und die Spirituosen machen die Existenz glücklicher und gestatten selbst dem Sorgengedrückten einige heitere Stunden. „Der Einzelne," sagt von Bibra, „welcher zu viel Haschisch genommen hat, und nun wüthend in den Straßen umherläuft und jeden anfällt, der ihm entgegentritt, verschwindet gegen die Menge derjenigen, welche nach der Mahlzeit durch eine mäßige Dose einige heitere und glückliche Stunden zubringen, und die Anzahl derer, welche durch die Coca die schwersten Anstrengungen zu überwinden im Stande sind, ja vielleicht dem Hungertode entrissen wurden, überwiegt bei weitem die wenigen Coqueros, welche durch unmäßigen Gebrauch ihre Gesundheit untergraben haben. Auf gleiche Weise kann nur eine übel angebrachte Heuchelei den sorgenbrechenden Becher des alten Vater Noah verdammen, weil einzelne Trunkenbolde nicht Ziel und Maß zu halten wissen."

Fünfter Brief.

Die Athmung.

Der Brustkasten eines Skelettes (s. S. 117, Fig. 22 u. 23) stellt einen von vorn nach hinten zusammengedrückten Kegel vor, dessen Spitze nach dem Halse, die Grundfläche nach dem Bauche zu gewandt ist, und dessen Wände von zwölf Paaren platter gebogener Knochenstäbe, den Rippen, gebildet werden. Zwei feste Linien bieten die Stützpunkte für diese beweglichen Knochen; auf der Rückenseite die Wirbelsäule, an deren Körpern die Rippen eingelenkt sind, vorn das Brustbein, ein platter langer Knochen, woran sich die sieben obersten, die wahren oder ächten Rippen, unmittelbar durch elastische Knorpelstücke befestigen, während von den fünf letzten oder falschen Rippen die zwei untersten das Brustbein gar nicht erreichen, und die Knorpel der drei andern mit demjenigen der siebenten Rippe verschmelzen. Ein leichter Druck auf das Brustbein angebracht preßt dieses gegen das Rückgrat zu; die Rippen selbst lassen sich leicht in die Höhe ziehen und niederdrücken. Schon diese Anordnung des starren Gerüstes der Brust gestattet demnach eine Erweiterung und Verengung der Brusthöhle. Die breite, dem Bauche zugewandte Fläche des Kegels ist aber durch eine muskulöse Querscheidewand, das Zwerchfell, von der Bauchhöhle getrennt. Diese Querscheidewand ist nicht platt ausgespannt, sondern bildet eine gekrümmte Fläche, deren gewölbte Seite der Brust, die hohle dem Bauche zugewandt ist. Die Zusammenziehung des Zwerchfells muß, da es rings umher mit starken Muskelfasern an den Rippen und der Wirbelsäule

befestigt ist, eine Abplattung seiner Wölbung zur Folge haben, mithin den Raum der Brusthöhle vergrößern, denjenigen der Bauchhöhle verkleinern.

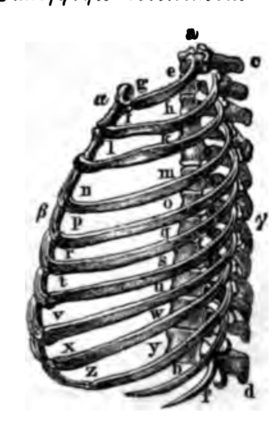


Fig. 22.

Der Brustkasten des Skelettes von der Seite. a, b. die Körper der Wirbelsäule. c, d. die Dornfortsätze der Rückenwirbel. β. das Brustbein. e, h, k, m, o, q, s. die ächten, u, w, y, f. die falschen Rippen.

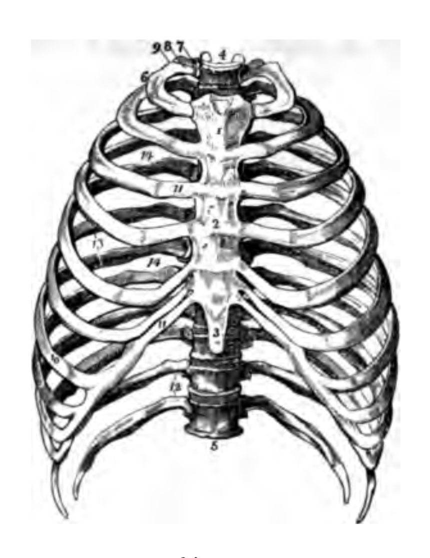


Fig. 23.

Der Brustkasten von Vorn. 1—3 das Brustbein. 4, 5 die Körper der Wirbelsäule. Die von 6 bis 10 herab sind die sieben ächten, die mit 12 bezeichneten die beiden letzten falschen Rippen.

Sowohl zwischen den einzelnen Rippen, als auch auf ihrer äußeren Fläche, sind viele Muskeln angebracht, welche alle mehr oder minder die Rippen nach oben und außen ziehen, mithin ebenfalls den inneren Raum vergrößern können, indem die horizontalen Dimensionen durch solche Bewegung der Rippen zunehmen, die Abnahme in der Länge dagegen, welche durch dies Aufziehen der Rippen erfolgt, hinlänglich durch das Hinabsteigen des Zwerchfelles ausgeglichen wird.



Fig. 24.

Die Brusteingeweide, von vorn gesehen. Die Lungen sind etwas auseinander gezogen, um das Herz und die großen Gefäße zu zeigen. 1. Die rechte Herzkammer. 2. Die linke Herzkammer. 3. Rechter Vorhof. 4. Linker Vorhof. 5. Lungenschlagader. 6. Ast derselben zur rechten Lunge. 7. Ast zur linken Lunge. 8. Früherer Verbindungsast zur Aorta, nur bei der Frucht im Mutterleibe offen, nach der Geburt geschlossen (Ductus Botalli). 9. Bogen der Aorta. 10. Obere Hohlvene. 11. Gemeinschaftlicher Stamm der rechten Hals- und Schlüsselbeinschlagader. 12. Rechte Schlüsselbeinvene. 13. Rechte Halsschlagader. 14. Linke vereinigte Schlüsselbein-Halsvene. 15. Linke Halsader. 16. Linke Schlüsselbeinader. 17. Luftröhre. 18. Bronchus der rechten Lunge. 19. Linker Luftröhrenast. 20. Lungenvenen. 21. Oberer, 22. mittlerer, 23. unterer Lappen der rechten Lunge. 24. Oberer, 25. unterer Lappen der linken Lunge.

In diesem festen Korbe nun sind die Lungen, das Hauptorgan der Athmung, mit dem Herzen aufgehangen und mittelst eines von Knorpelringen gestützten Rohres, der Luftröhre, so wie der Mund= und Nasenhöhle mit der äußeren Luft in Verbindung gesetzt. Die Innenseite des Rippenkorbes ist mit einer festen, undurchdringlichen Haut, dem Rippenfelle oder der Pleura, ausgekleidet, so daß der Rippenkorb einen hermetischen Verschluß darbietet. Die Lungen selbst aber sind, im Großen betrachtet, elastische Säcke, welche durch eine steife Röhre, die Luftröhre, mit der atmosphärischen Luft in Verbindung stehen. Sie können sich nicht selbstständig ausdehnen oder zusammenziehen; aber durch ihre Elasticität und durch ihre stete Füllung mit Luft füllen sie den Rippenkorb stets vollständig aus; erweitert sich dieser, so dehnen sich die Lungen mit aus und die äußere Luft strömt durch die Luftröhre in die Lungensäcke ein — wir athmen ein; zieht sich der Brustkorb zusammen, so werden die Lungensäcke zusammengedrückt und ein Theil der Luft aus ihnen durch die Luftröhre ausgepreßt — wir athmen aus.

Nicht also durch selbstständige Zusammenziehung und Ausdehnung der Lungen, sondern vielmehr durch das wechselnde Spiel der an dem Brustkorbe befestigten Muskeln werden die Athembewegungen hervorgebracht, und die Bedingung ihrer Fortdauer ruht einzig und allein in dem vollständig luftdichten Verschlusse des Brustkastens und in dem vollkommenen Anschmiegen der Außenfläche der Lungen an die Innenfläche des Brustkastens, das durch den Druck der im Inneren der Lungen enthaltenen Luft bewirkt ist, während die Höhle der Pleura luftleer ist. Dieser Verschluß ist durch das Brustfell bedingt, welches jederseits einen durchaus geschlossenen Sack darstellt, in dem die Lunge steckt, etwa wie der Kopf in einer baumwollenen Nachtmütze, um mich eines trivialen, aber durchaus wahren Vergleiches zu bedienen. Die eingestülpte Hälfte des Sackes umgiebt die Lunge, ist mit ihr verwachsen; die äußere Hälfte ist an der Brustwand angewachsen; sobald diese sich ausdehnen und von der Lunge entfernen will, entsteht in dem Brustfellsacke ein luftleerer Raum

und die äußere Luft stürzt in die Lungen, um diese so auszudehnen, daß sie, unmittelbar an der Brustwand anliegend, den Bewegungen derselben folgen. Ist der Verschluß mangelhaft, wie z. B. bei klaffenden Brustwunden, so daß durch diese die äußere Luft in den Brustkorb gelangen kann, so dehnt sich beim Einathmen die Lunge der verwundeten Seite nicht mehr aus, sondern fällt schlaff zusammen.

Bei ruhigem Athmen in aufrechter oder sitzender Stellung sind es hauptsächlich die abwechselnden Zusammenziehungen des Zwerchfelles, welche das Ein- und Ausströmen der Luft in die Lunge bedingen; — kaum daß der Rippenkorb sich etwas Weniges in seinen Querdurchmessern erweitert. In horizontaler Lage dagegen, sowie bei heftigeren Athembewegungen, spielen auch die Rippen und die Bauchdecken eine bedeutendere Rolle, so daß der innere Raum der Brust um eine ziemlich beträchtliche Größe verändert werden kann. Untersucht man die Verhältnisse bei verschiedenen Athemzuständen, so kann man etwa vier Zustände unterscheiden. Am tiefsten eingedrückt erscheint die Brustfläche bei möglichst tiefer Ausathmung. Die Lungen sind dann aber stets noch von einer gewissen Quantität Luft erfüllt, die niemals ausgetrieben werden kann und die man die Residualluft nennt. Sie mag dem Volumen nach etwa 12—1600 Cubikcentimeter betragen. Der Unterschied zwischen dieser tiefsten Ausathmung und der tiefsten Einathmung bezeichnet die Capacität der Lunge; sie beträgt bei erwachsenen Männern im Mittel 3772 Cubikcentimeter. Bei gewöhnlicher Ausathmung bleiben die Lungen mäßig ausgedehnt, der Rippenkorb erscheint etwas gewölbter und sie enthalten dann im Ganzen etwa 3000 Cubikcentimeter Luft. Die gewöhnliche Einathmung führt im Mittel 500 Cubikcentimeter zu; man bezeichnet dieses Quantum als Respirationsluft. Am gewölbtesten endlich erscheint die Brust bei möglichst tiefem Einathmen. Bei den Männern sind es namentlich die unteren Rippen mit Zwerchfell und Bauchdecken, welche beim Athmen spielen, während die oberen Rippen mehr unbeweglich bleiben (Bauchathmen); bei den Frauen im Gegentheile sind es die oberen

Rippen, welche sich vorzugsweise bewegen, während die unteren nur in Ausnahmefällen spielen (Rippenathmen). Vielleicht dürfte sich aus diesem Umstande die Vorliebe des weiblichen Geschlechtes für Corsette und Schnürleiber erklären lassen, durch welche die unteren Rippen nicht nur bis zur Unbeweglichkeit zusammengedrückt, sondern selbst gänzlich verunstaltet werden. Indessen liegt es in unserer Macht, gewisse Gruppen der Athmungswerkzeuge vorzugsweise spielen zu lassen, je nachdem wir durch das Spiel der anderen Gruppen Unannehmlichkeiten empfinden. So sieht man Kranke, die an Brustfellentzündung leiden, wo jede Bewegung des Brustkorbes durch die Reibung der entzündeten Flächen des Brustfelles gegeneinander empfindlich schmerzt, die Rippen so viel als möglich fixiren und nur mit dem Zwerchfelle und den Bauchdecken athmen, während Schwangere im Gegentheile fast nur mit den Rippen athmen, da das Volumen der Bauchhöhle weniger verändert werden kann. Die Wirkung der einzelnen Muskeln hier zu analysiren würde zu weit von unserem Ziele abführen; — es genügt, darauf aufmerksam zu machen, daß sie alle zwar vom Willen abhängig sind, aber dennoch nur bis auf einen gewissen Grad, und daß wir ihre Wirkung zwar willkürlich beschleunigen oder verzögern, uns aber dennoch derselben ohne besondere Anstalten nicht gänzlich enthalten können. Die Athembewegungen gehören nebst vielen andern zu jener Klasse von Bewegungen, welche einem tieferen Gesetze gehorchen, als der bloßen Willkür; ihre Ursachen und Gründe werden wir in einem späteren Briefe besprechen.

In gewöhnlichem normalem Zustande athmen wir durchaus bewußtlos; im Schlafe wie im Wachen fahren die Athemmuskeln in ihrem regelmäßigen Spiel fort, und eine bestimmte Anzahl von Inspirationen wird in diesem normalen Zustande beobachtet. Die größere oder geringere Zahl der Athemzüge hängt einestheils von dem Alter, anderntheils aber auch von der Körpermasse des Individuums ab, sie steht in bestimmter Beziehung zu dem Herzschlage, der wieder in gewissem Verhältnisse zur Körpermasse sich befindet. Im Mittel thut ein neugeborenes

Kind 45—50 Athemzüge in der Minute, ein fünfjähriges 26; die Zahl nimmt allmählich ab bis in das kräftige Mannesalter von 30—40 Jahren, wo sie zwischen 16 und 18 Athemzügen in der Minute schwankt, um dann im höheren Alter wieder um ein Geringes zuzunehmen. Im Kindesalter gehen 3 bis $3^1/_2$, im Mannesalter 4 bis $4^1/_2$ Herzschläge auf einen normalen Athemzug.

Es war ein Ergebniß der einfachsten Erfahrung, daß das Athmen des Menschen und der Thiere die umgebende Luft verändere und allmählich zu weiterem Athmen untauglich mache. Ehe aber die Chemie so weit gekommen war, die Luftarten mit eben so viel Schärfe und Genauigkeit analysiren zu können, als die verschiedenen festen und flüssigen Substanzen, ehe sie so weit gekommen war, konnte man natürlich nicht erwarten, daß eine genügende Erklärung dieser Thatsache und eine vernünftige Ansicht über den Athemprozeß überhaupt aufgestellt würde. Man kannte die Thatsache, man wußte, daß in engverschlossenen Räumen Menschen und Thiere bald Athembeschwerden bekamen, die Haut blauroth wurde, die tiefsten Athemzüge kein Genüge fanden; daß bei Fortsetzung der Einsperrung dieselben convulsivisch wurden, das Bewußtsein schwand, und endlich nach den heftigsten Convulsionen und Verdrehungen das Leben allmählich erlosch; man wußte, daß diese Erscheinungen ganz in derselben Weise bei dem Tode durch Erdrosseln oder Ertrinken eintreten; allein den tieferen Grund derselben konnte man nicht erkennen, da die Zusammensetzung der eingeathmeten und ausgeathmeten Luft und somit die Veränderung der Luft durch das Athmen nicht gekannt war. Erst mit Lavoisier, dem Vater der heutigen Chemie, brach auch für den Athemprozeß das Licht an, und seine Arbeit über denselben wird stets als eine der herrlichsten in der Geschichte der Chemie bestehen.

Jedermann weiß, daß bei kalter Luft unser Hauch einen Nebel bildet, der sich an kalte Körper in Gestalt kleiner Tropfen niederschlägt. In unbewohnten Zimmern laufen die Fenster im Winter nicht an, sie gefrieren nicht; sobald aber das Zimmer bewohnt ist, schlägt sich auch an den von außen erkälteten

Scheiben die Feuchtigkeit nieder. Die ausgeathmete Luft enthält demnach eine bedeutende Quantität Wasser in Dampfgestalt, welches durch die Kälte zu Tropfen verdichtet wird, und zwar ist sie, bei langsamem Athmen, vollständig mit Wasserdampf gesättigt. Die absolute Menge von Wasserdampf, welche ein Gasgemenge aufnehmen kann, richtet sich aber nach der Temperatur desselben; je höher diese ist, desto mehr Wasserdampf bedarf es bis zur vollständigen Sättigung. Die ausgeathmete Luft hat in gewöhnlicher Temperatur nahezu die Wärme des Blutes, während bei bedeutender Kälte ihre Wärme bis auf dreißig und weniger Grad fallen kann. Die innere Erkältung würde noch schneller herbeigeführt werden, wenn nicht in der Lunge selbst eine bedeutende Quantität von Luft, die oben genannte Residualluft, bliebe, welche in beständiger Berührung mit den Wänden der Luftzellen und dem Blute die Temperatur desselben annimmt und nur langsam in ihrer ganzen Masse sich erkältet. Die Menge von Wasserdampf, welche wir ausathmen, richtet sich demnach hauptsächlich nach der Temperatur, welche die Luft im Innern der Lunge erhält, und je trockener und kälter die eingeathmete Luft ist, desto mehr Wasser muß von unserem Körper geliefert und in den Lungen ausgeschieden werden, um die erwärmte Ausathmungsluft auf ihren bestimmten Sättigungsgrad bringen zu können. Nur wenn wir eine Luft einathmeten, die 36—38 Grad Wärme hätte und vollkommen mit Wasserdampf gesättigt wäre, nur dann würde der Athemprozeß keinen Verlust an flüssigem Wasser herbeiführen; unter gewöhnlichen Umständen aber muß Wasser aus dem Blute in den Lungen abgeschieden werden, und dieser Verlust, den wir erleiden, wird natürlich um so größer sein, je tiefer und häufiger unsere Athemzüge sind. Der Durst, den wir bei heftigen Muskelanstrengungen, bei Märschen in drückender Sonnenhitze empfinden, findet in diesen Verhältnissen seine Erklärung; wir athmen weit häufiger bei solchen Anstrengungen, es wird eine größere Menge Wasserdampf in den Lungen abgeschieden und durch den Durst drückt der Körper sein Bedürfniß nach Ersatz dieses Wassers aus.

Der innere Bau der Lunge ist vortrefflich zur Realisirung der eben angeführten physikalischen Erscheinungen geeignet. Die Luftröhre theilt sich in einen Ast für jeden Lungenflügel, und jeder dieser Aeste in eine Anzahl von Zweigen und Reiserchen, die endlich in zahllose kleine Bläschen oder Blindsäckchen sich auflösen, deren häutige Umgebung ungemein zart ist.



Fig. 25.
Zwei kleine Lungenläppchen a. aufgeblasen; b. die seitlichen Luftzellen, c. die letzten Luftröhrenästchen, welche hineinmünden.



Fig. 26.
Haargefäßnetz der Lungenbläschen.

Alle diese Bläschen und Zellchen sind beständig mit Luft erfüllt; eine gesunde Lunge schwimmt deshalb auf dem Wasser, während die eines Kindes, das noch nicht geathmet hat, darin

untersinkt. In den dünnen häutigen Wänden der Lungenzellchen vertheilen sich die Capillarien der Lungengefäße, und ihre Maschen sind so dicht gedrängt, die Zwischenräume zwischen denselben so gering, daß die Lungensubstanz fast nur Inselchen zwischen den Gefäßströmchen bildet.

Die außerordentliche Dünne und Zartheit der Wandungen der Lungencapillarien sowohl als auch der Lungenzellchen begünstigt den Austausch von gasförmigen und flüssigen Substanzen im höchsten Grade. Das in den Lungen circulirende Blut ist allseitig von Luft, die in den Lungenzellen enthaltene Luft allseitig von strömendem Blute umgeben. So erklärt es sich denn leicht, wie die eingeathmete Luft, so kalt sie auch sein mag, augenblicklich die Temperatur des sie umgebenden Blutes annimmt, so wie sie auch sogleich in der Berührung mit der Blutflüssigkeit sich mit Wasserdampf sättigt.

Es ist eine durch Experimente nachgewiesene Thatsache, daß die Menge der ausgeathmeten Luft durchaus derjenigen der eingeathmeten Luft gleich ist, daß mithin das Volumen der Luft durch den Athemprozeß keine Veränderung erfährt. Die Veränderung, welche die eingeathmete Luft erleidet, kann demnach nur eine chemische sein, und es ist leicht, sich zu überzeugen, daß sie wirklich eine solche ist. Ein Theil des in der atmosphärischen Luft enthaltenen Sauerstoffes ist nämlich in der Ausathmungsluft durch Kohlensäure ersetzt worden.

Die atmosphärische Luft ist wesentlich ein Gemenge zweier Gasarten : Sauerstoff und Stickstoff, zu welchen sich veränderliche Quantitäten von Kohlensäure und Wasserdampf gesellen; erstere beträgt aber im Durchschnitte nur 0,04 Procente dem Volumen nach, so daß man also für gewöhnlich diese geringen Kohlensäuremengen ganz außer Acht lassen kann. Das Verhältniß des Sauerstoffes zu dem Stickstoffe ist überall, auf Höhen und in Tiefen, in geschlossenen Räumen wie in freier Luft, dasselbe; nur nach lange anhaltendem Regen und auf dem offenen Meere findet man der stärkeren Aufsaugung des Sauerstoffes durch das Wasser wegen einen etwas geringeren Sauerstoffgehalt. Den

neuesten Untersuchungen zu Folge enthält die Luft im Durchschnitte dem Volumen nach 20,95 Procent Sauerstoff und 79,05 Procent Stickstoff, oder, da der Sauerstoff schwerer ist als der Stickstoff, 23,19 Procent Sauerstoff und 76,81 Procent Stickstoff dem Gewichte nach. Anders dagegen verhält sich die Ausathmungsluft. Man kann, ohne bedeutende Fehler zu begehen, die Veränderung, welche der Stickstoff seiner Menge nach erleidet, völlig außer Acht lassen, da er nur dem Drucke entsprechend in die Blutflüssigkeit in höchst geringer Menge aufgenommen und keiner abgeschieden wird. Nicht so verhält es sich mit dem Sauerstoffe; ein Theil desselben ist verschwunden und in der Ausathmungsluft durch ein entsprechendes Volumen Kohlensäure ersetzt. Im Mittel enthält die ausgeathmete Luft im Mannesalter 4,380 Procent Kohlensäure dem Volumen nach, oder, da die Kohlensäure bedeutend schwerer ist als der Sauerstoff, 6,546 Procente dem Gewichte nach; — doch finden bedeutende Schwankungen selbst bei ruhigem Athmen statt, die von 3 bis 6 Procent und darüber gehen.

Nichts ist leichter, als sich von dem Gehalte der ausgeathmeten Luft an Kohlensäure zu überzeugen. Man braucht nur durch ein Röhrchen in Kalkwasser zu blasen, um sogleich eine Trübung entstehen zu sehen, die sich bald vermehrt und endlich einen Niederschlag von kohlensaurem Kalk bildet, der mit Säuren übergossen sich mit heftigem Brausen auflöst. Es war von äußerster Wichtigkeit für die ganze Physiologie und namentlich für die Lehre von der Ernährung, zu bestimmen, wie groß die Quantität der von dem Menschen binnen einer gewissen Zeit ausgehauchten Kohlensäure sei, da man hierdurch bei der bekannten Zusammensetzung dieses Gases auch zugleich berechnen konnte, wie groß der Verlust an Kohlenstoff sei, den der Körper durch die Athmung erleide. Die Lösung dieser Aufgabe hat ihre eigenen Schwierigkeiten. Keine Thätigkeit des Körpers ist größeren Schwankungen unterworfen, als die Respiration; die geringste Anstrengung, das kleinste Hinderniß, jede Gemüthsbewegung wirkt bald beschleunigend, bald verlangsamend auf sie zurück, und

gerade wenn wir uns zwingen wollen, so regelmäßig als möglich zu athmen, wird schon durch die geistige Spannung eine gewisse Unregelmäßigkeit bedingt. Schon die Tiefe und Länge der Einathmung vermehrt den Procentgehalt der Kohlensäure in der ausgeathmeten Luft, da die Residualluft mehr Kohlensäure enthält, während flache und häufige Athemzüge die Lunge schlechter ventiliren und weniger Kohlensäure liefern; nicht minder wirkt die Kälte ein, bei welcher mehr Kohlensäure abgeschieden wird, während in der Wärme die Menge derselben geringer ist. Geistige Anstrengungen vermehren bedeutend, selbst bei ganz ruhiger Stellung, den Gehalt der Kohlensäure, am energischesten aber wirken Muskelbewegungen verschiedener Art. Setzt man den Athmungswerth im liegenden Zustande als Einheit, so wird schon bei einfachem Eisenbahnreisen in der zweiten Klasse die Menge der ein- und ausgeathmeten Luft und also auch die Menge der Kohlensäure um die Hälfte vermehrt; bei sehr langsamem Spaziergehen, wo man nur 1 Kilometer in der Stunde macht, oder beim Reiten im Schritt verdoppelt; bei Fußreisen, wo man 3 Kilometer in der Stunde macht, verdreifacht; bei Reiten im Trabe und bei Fußreisen, wo man Stunde für Stunde macht, vervierfacht; beim Laufen und Radtreten zu noch bedeutenderen Mengen hinaufgeschraubt. Nicht minder wirken die verschiedenen Nahrungsmittel, indem die meisten derselben die Athmung vergrößern, Stärke, Fett und einige Weingeistgetränke dagegen sie verringern.

Es ist begreiflich, daß nur äußerst genaue Methoden und außerordentlich vervielfältigte Versuche, sowie fortgesetzte Uebung in den Versuchen einigermaßen genauere Resultate geben konnten. Die Versuche selbst beruhten auf verschiedenen Grundlagen. Nach der einen Methode läßt man ein Individuum ohne Verlust in einen Apparat hineinathmen, in welchem man die Kohlensäure und das Wasser auffängt. Man erhält bei diesem Verfahren die Athemproducte zwar allein, aber das Resultat wird durch die oben erwähnten Einflüsse häufig getrübt und deshalb meist eine zu große Menge von Kohlensäure erhalten. Nach der andern

Methode läßt man das Individuum in einem geschlossenen Raume athmen, durch welchen man einen langsamen Luftstrom leiten kann, dessen Geschwindigkeit und Stärke man je nach Bedürfniß regulirt. Mit diesem Luftstrome leitet man die Athemproducte, Kohlensäure und Wasser, in besondere Absorptionsapparate, worin sie dem Gewichte oder dem Volumen nach bestimmt werden können. Man erhält auf diese Weise die Producte der Athmung und der Hautausdünstung zwar gemeinschaftlich, indem man aber durch andere Versuche, bei welchen man den Menschen aus dem Apparate durch eine Röhre hinausathmen läßt, die Menge der Hautausdünstungen allein erhält, kann man auch diejenige der Luft bestimmen. Folgende Tabelle giebt die Mittelzahlen der in einer Stunde ausgeathmeten Kohlensäure und des darin enthaltenen Kohlenstoffes in Grammen (500 Gramme = 1 Pfund):

Alter der Männer in Jahren.	Kohlensäure. Mittel.	Verbrannter Kohlenstoff. Mittel.	Menge des verbrannt. Kohlenstoffs in 24 Stunden.
8	18,333	5,0	120,0
10	24,934	6,8	163,2
11 bis 15	29,480	8,04	192,96
16½ „ 20	39,527	10,78	258,72
24 „ 28	44,550	12,15	291,60
31 „ 40	40,333	11,00	264,00
41 „ 50	34,676	9,457	226,968
51 „ 60	31,442	8,575	205,800
63 „ 68	37,521	10,233	245,592
76	22,000	6,00	144,00
92	32,267	8,8	211,2
102	21,634	5,9	141,6

Man kann, sobald das Körpergewicht bekannt ist, aus solchen Untersuchungen eine Mittelzahl berechnen, die man auf einen Kilogramm Körpergewicht bezieht, um einen Maßstab der Vergleichung mit anderen Geschöpfen zu haben. So lieferte ein 33 Jahre alter Mann von 54 Kilogramm Körpergewicht im Durchschnitte 39,146 Gramm Kohlensäure in der Stunde. Es fand mithin eine Absonderung von 0,725 Gramm Kohlensäure

für je ein Kilogramm Körpergewicht in der Stunde statt. Dies würde 17,400 Gramm in 24 Stunden machen; eine Zahl, die offenbar viel zu hoch ist. In der That sind die angegebenen Resultate mittelst Athmens in einer Maske durch einen Röhrenapparat hindurch gewonnen, wo durch die Behemmung der Athmungsbewegung angestrengtes Athmen und dadurch eine Vermehrung der abgeschiedenen Kohlensäure hervorgebracht werden mußte. Eben so wird durch die Multiplication auf 24 Stunden die Menge der Kohlensäure deshalb vermehrt, weil die Athemzüge im Schlafe seltener sind als im Wachen und deshalb in der Nacht eine geringere Production von Kohlensäure stattfindet, als am Tage. Nichtsdestoweniger läßt die oben angeführte Tabelle eine Vergleichung zu, da diese Fehler sich bei allen Posten gleichmäßig wiederholen. Man findet sonach, daß die absolute Menge der ausgeathmeten Kohlensäure von der Jugend an bis in das Mannesalter zunimmt, bei kräftigen Männern am stärksten ist und im Greisenalter wieder abnimmt, daß Muskelbewegung und gute Verdauung die Kohlensäureabgabe merklich erhöht, daß Frauen im Allgemeinen weniger Kohlensäure liefern, als der Mann. Berechnet man aber das Verhältniß der ausgeschiedenen Kohlensäuremenge auf je ein Kilogramm Körpergewicht, so ergiebt sich, daß diese verhältnißmäßige Quantität im Kindesalter am stärksten ist und von da an allmählich abnimmt.

Andere Untersuchungen wurden mit einem complicirten Apparate angestellt, in dem man freilich nur kleinere Hunde und ähnliche Thiere haben konnte, der aber so eingerichtet war, daß die Thiere Tage lang darin verweilen und sämmtliche Producte auf das Genaueste bestimmt werden konnten. Die aus der Luft aufgenommenen Sauerstoff- und Stickstoffmengen, die ausgeschiedenen Kohlensäure-, Wasser- und Stickstoffmengen konnten auf das Genaueste bestimmt, und die Thiere oft drei bis vier Tage in dem Apparate gehalten werden, so daß man bedeutende Mengen der ausgeschiedenen Stoffe erhalten und die Fehler auf ein Minimum herabdrücken konnte. Hierbei fand man denn, daß Säugethiere und Vögel um so mehr Kohlensäure abscheiden, je geringer

ihr Umfang ist, und daß das Verhältniß der Kohlensäure hauptsächlich von der eingenommenen Nahrung abhängt. Versuche in einem ähnlichen Apparate an Menschen angestellt ergaben für die durchschnittliche Menge der Kohlensäure für ein Kilogramm Körpergewicht von 0,447 bis 0,592, also Zahlen, die bedeutend unter den durch isolirtes Athmen erhaltenen zurückstehen. Man sieht, daß hier noch weite Schwankungen in den Beobachtungen liegen. Man kann indessen nach diesen Versuchen, die wohl zu hohe Resultate ergeben, annehmen, daß ein erwachsener Mann im Durchschnitt in 24 Stunden ein Kilogramm Kohlensäure aushaucht, was einer Menge von 273 Grammen oder einem halben Pfunde Kohlenstoff für den Tag entsprechen würde.

Endlich wurde vor einigen Jahren von Pettenkofer ein großer, seither mehrfach wiederholter Apparat construirt, der es gestattet, Menschen und größere Thiere zu Versuchen zu benutzen. Ein mäßig großes, aus Eisenblech luftdicht gebautes Zimmer wird durch eine Dampfmaschine so ventilirt, daß beständig Luft durch bestimmte Oeffnungen ein= und ausstreicht. Die einstreichende Luft wird von Kohlensäure befreit und ihr Volumen durch eine genaue Gasuhr bestimmt. Die von der Dampfmaschine aspirirte Luft kann sowohl im Ganzen, wie in einzelnen Proben beständig analysirt werden. Menschen und Thiere können Tage und Wochen ununterbrochen in dem Zimmer zubringen, schlafen, arbeiten, essen u. s. w. Der Apparat, der sehr complicirt und kostspielig ist, arbeitet mit außerordentlicher Genauigkeit, gibt aber, wie der vorige, die Producte der Athmung und der Hautausdünstung zusammen an.

Wie groß die Schwankungen im Verhältniß zur Nahrung sind, zeigen folgende, von einem 72 Kilogramm schweren, 24=jährigen Manne gewonnene Resultate.

	In 24 Stunden ausgeschiedene Gramme :	
Nahrung	Kohlensäure	Kohlenstoff
Hunger	662,9—663,5	180,8—180,9
Stickstofflose Nahrung	735,2	200,5
Gemischte Kost	759,5—791,1	207,0—215,7
Vier Pfund Fleisch	847,5	231,1
Möglichst viel Fleisch	925,6	252,4.

Wie man sieht, sind diese Werthe bedeutend niedriger, als die vorigen; denn wenn man gemischte Kost als die Norm annimmt, so würde ein Mann im Tag höchstens 800 Gramm Kohlensäure liefern.

Nicht minder einflußreich sind auch periodische Schwankungen in den Verhältnissen zwischen der Menge des eingeathmeten Sauerstoffes und der ausgeathmeten Kohlensäure. Als man zuerst bei einem gesunden und kräftigen Manne von 28 Jahren beobachtet hatte, daß derselbe in 12 Tagstunden (von 6 Uhr Morgens bis 6 Uhr Abends) weit mehr Kohlensäure ausgeathmet und weit weniger Sauerstoff eingeathmet hatte, als in den entsprechenden Nachtstunden und daß dies Verhältniß sich bei Arbeit durch Drehen eines belasteten Rades noch steigerte, so daß 69 Procent der in 24 Stunden ausgeschiedenen Kohlensäure auf die Stunden des Arbeitstages fielen und nur 31 Procent auf die Nachtstunden, zog man etwas voreilig den Schluß, daß der Mensch im Schlafe Sauerstoff aufspeichere, den er im Tage verbrauche und knüpfte daran eine Menge von Folgerungen über Ursache und Nothwendigkeit des Schlafes u. s. w. Spätere Versuche, theils mit demselben, theils mit anderen Individuen angestellt, bestätigten die ersteren aber nur in so fern, daß wechselnde Perioden vorkommen, wo die Abgabe von Kohlensäure der Einnahme von Sauerstoff nicht entspricht, sondern bald das eine, bald das andere vorwiegt. Zugleich aber lehrten diese Versuche auf das Bestimmteste, daß jener regelmäßige Antagonismus zwischen Nacht und Tag, Schlafen und Wachen nicht existirt, somit alle jene Folgerungen über Aufspeicherung von Sauerstoff, Ersparung desselben zum Gebrauche bei zu leistender Arbeit u. s. w. aufgegeben werden müssen.

Der Gehalt der Ausathmungsluft an Kohlensäure war schon, wenigstens annähernd, von Lavoisier bestimmt worden; es entstand nun die Frage: wo entsteht diese Kohlensäure? Wird sie in den Lungen durch den Athmungsprozeß gebildet, oder ist sie schon im venösen Blute vorhanden, und wird sie in den Lungen nur abgeschieden und Sauerstoff dafür eingenommen?

Man entschied sich unbedingt für die erstere Ansicht, um so mehr, als das Volumen des verschwundenen Sauerstoffes dem Volumen der ausgehauchten Kohlensäure gleich war und man wußte, daß der Kohlenstoff bei seinem Verbrennen das Volum des Sauerstoffes nicht ändere. Ein Volumen reinen Sauerstoffes kann durch Verbrennen von Kohlenstoff in Kohlensäure verwandelt werden, ohne daß dabei das Volumen geändert würde; die neu entstandene Gasart ist nur durch Kohlenstoff schwerer geworden. Da dies Verhältniß so genau in dem Respirationsprozesse sich wiederfand, so zögerte man nicht, denselben einer Verbrennung gleich zu setzen, und man behauptete ganz folgerecht, daß der Sauerstoff der Luft in den Lungen an das Blut trete, einen Theil des im Blute enthaltenen Kohlenstoffes verbrenne und sich so in Kohlensäure verwandele, die durch die Ausathmung abgeschieden werde. Man fand zugleich in dieser Ansicht eine natürliche Erklärung der thierischen Wärme. Der Kohlenstoff entwickelt beim Verbrennen Wärme; der Verbrennungsprozeß in den Lungen mußte ebenfalls Wärme entwickeln, und da das Athmen eine beständig fortdauernde Function ist, so mußte diese Wärmequelle eine anhaltende, constante sein. Zudem gelang es damals noch nicht, Gasarten aus dem arteriellen oder venösen Blute abzuscheiden; alle Versuche dieser Art scheiterten, und man fand in dem Verhältniß zwischen Athmung und Wärmeentwicklung so viel Nutzen für die herrschende Ansicht, daß man kaum daran dachte, eine andere Erklärung zu suchen.

Indeß wurde doch später durch einen einfachen Versuch nachgewiesen, daß ein solcher einfacher Verbrennungsprozeß nicht einzig in den Lungen stattfinden könne. Wenn man nämlich ein Thier, einen Frosch, einen Vogel, ein Kaninchen unter eine völlig gesperrte Glasglocke bringt, die mit einem Gase erfüllt ist, das zwar an sich keine giftige Wirkung auf den Organismus hat, aber doch nicht den Athemprozeß unterhalten kann, wie z. B. Wasserstoffgas oder Stickstoffgas, so fährt das Thier noch eine Weile fort zu athmen, erstickt aber bald. Untersucht man nun die in der Glasglocke enthaltene Luft, so findet man, daß sie eine

gewisse Quantität Kohlensäure enthält. Das Thier hat also, trotz dem, daß Wasserstoff oder Stickstoff keine Kohlensäure bilden können, dennoch diese Gasart ausgeathmet; es kann somit die Kohlensäure nicht unmittelbar in den Lungen aus dem Kohlenstoff des Blutes durch Verbrennung gebildet werden, sie muß schon vorausgebildet in dem Blute enthalten sein. Man fand außerdem durch Versuche, daß das Blut der Lungen nicht bedeutend wärmer sei, als das anderer Körpertheile, während doch nothwendig, im Falle wirklich die Lungen der thierische Ofen wären, wenn ich mich so ausdrücken darf, hier auch die Wärme größer als in den Leitungsröhren sein müßte.

Man hat durch directe Versuche ermittelt, daß man wirklich aus dem Blute theils unmittelbar durch die Luftpumpe, theils durch Schütteln mit anderen indifferenten Gasarten, wie z. B. Wasserstoff, Luft entwickeln könne. Wir haben oben gesehen, daß der Gasgehalt in dem Blute ziemlich bedeutend und daß in dem hellrothen arteriellen Blute verhältnißmäßig weit mehr Sauerstoff enthalten sei, als in dem dunklen venösen, das freie, leicht chemisch an Salze und fester gebundene Kohlensäure enthält. Berücksichtigt man einzig diese Thatsache, so kann die Rolle, welche die Lunge in dem Respirationsprozesse spielt, nicht mehr zweifelhaft sein. Sie ist dann offenbar eine Filtrirmaschine, durch welche die Kohlensäure des venösen Blutes gegen den Sauerstoff der Luft ausgetauscht wird, und die Verbrennung des Kohlenstoffs wird demnach nicht in den Lungen vor sich gehen, sondern vielmehr überall in allen Gebilden des Körpers, wo Stoffwechsel durch Blutcirculation unterhalten wird. In dem Ernährungsprozesse der Gebilde müssen die chemischen Veränderungen vor sich gehen, welche die Bildung der Kohlensäure bedingen, und durch die im arteriellen Blute gegebene stete Zufuhr von Sauerstoff werden die chemischen Veränderungen bedingt, wird das zu den Umwandlungen nöthige Element geliefert.

Mit dieser Ansicht des Athemprozesses stehen auch manche secundären Erscheinungen der Wärmeerzeugung vollkommen im

Einklang. Es ist eine Thatsache, daß Muskelbewegungen stärkere und häufigere Athemzüge und lebhaftere Körperwärme bedingen; allein beobachtet man genauer, so ergiebt sich, daß diese lebhaftere Wärme erst einige Zeit nach der Beschleunigung der Athmung eintritt und daß sie auch partiell mehr das bewegte Glied betrifft, als den ganzen Körper. Die Beschleunigung der Athmung bringt aber natürlich schnelleren Herzschlag, schnelleren Blutlauf, somit lebhaftere Sauerstoffzufuhr und lebhafteren Umsatz der Gebilde. Die partielle Wärmeerhöhung rührt daher, daß Bewegung stets auch den chemischen Umsatz befördert, beschleunigt und somit durch die Bewegung des Beines z. B. in diesem der Umsatz der Gebilde, die Ernährung und somit die Wärmeerzeugung verstärkt wird.

Indeß kennen wir auch Thatsachen, welche beweisen, daß diese Abfiltrirung des in dem Blute enthaltenen Gases nicht die einzige Thätigkeit der Lunge ausmache, sondern daß wirklich auch in diesem Organe ein Stoffwechsel vorkommen müsse. Unmittelbar nach einer Mahlzeit wird die Menge der ausgeathmeten Kohlensäure bedeutend gesteigert. Wie wir wissen, enthält das aus der Leber kommende Blut der Lebervenen eine bedeutende Menge Zucker, der in der Lunge gänzlich zu Grunde geht, also offenbar höher oxydirt, verbrannt wird. Eben so scheint es nach genauen Versuchen, daß das Blut, welches durch die Lungenvenen von den Lungen zum Herzen zurückkehrt, merklich wärmer ist, als dasjenige, welches in den Lungenarterien kreist. Da nun durch die Verdunstung des Wassers in den Lungen nothwendig eine Abkühlung derselben hervorgebracht werden muß, das Lungenvenenblut aber nichts desto weniger wärmer ist, so ist auch der Schluß ganz gerechtfertigt, daß in den Lungen ein Verbrennungsprozeß und mithin Wärmeerzeugung vor sich gehen müsse. So sehen wir denn auch hier den Athmungsprozeß nicht auf so einfache Verhältnisse zurückgeführt, wie man dies vermuthen könnte, sondern aus mehreren Factoren zusammengesetzt, von denen indeß der zuletzt erwähnte, der Verbrennungsprozeß in den Lungen, verhältnißmäßig bedeutend kleiner ist als der andere. Man ist

deshalb auch nicht im Unrecht, wenn man behauptet, daß die in den Lungen ausgeschiedene Kohlensäure schließlich in directem Verhältnisse zu der in dem Blute enthaltenen Kohlensäuremenge stehe. Daß diese letztere vielfach, je nach der Ernährung der einzelnen Gebilde, dem Stoffumsatze der verschiedenen Organe, wechseln müsse, läßt sich von vornherein annehmen und wird auch dadurch bewiesen, daß man bei sonst ganz gleichen Verhältnissen oft sehr bedeutende Schwankungen in dem Gehalte der ausgeathmeten Luft wahrnimmt, die gewiß in dem veränderten Gasgehalte des Blutes beruhen.

Kehren wir indeß nach dieser Abschweifung, auf deren nähere Verhältnisse wir bei der Ernährung und der Erzeugung der thierischen Wärme eingehen werden, noch einmal zu dem Athemprozesse und der Rolle, welche die einzelnen dabei betheiligten Organe spielen, zurück. Die Thatsache, daß in dem Acte der Athmung Kohlensäure aus dem dunkeln Blute abgeschieden und dafür Sauerstoff aus der Luft aufgenommen werde, ist ein- für allemal festgestellt. Allein es handelt sich darum, zu bestimmen, welchen Antheil bei diesem Prozesse die verschiedenen Bestandtheile des Blutes haben; ob überhaupt die aufzunehmenden und ausgeworfenen Gasarten einen bestimmten Bezug zu der einen oder andern, morphologischen oder chemischen Substanz des Blutes haben, und in wie fern dies ewige Wechselspiel zwischen Kohlensäure und Sauerstoff, welches in den Lungen und Körpercapillaren statt hat, erklärt werden könne?

Wir haben in einem vorhergehenden Briefe die morphologische Zusammensetzung des Blutes kennen gelernt und gefunden, daß im lebenden Körper zwei Bestandtheile unterschieden werden können : festere münzenartige Plättchen, die Blutkörperchen, und eine klebrige Flüssigkeit, worin sie schwimmen, das Plasma. Die Blutkörperchen sind die Träger des Farbstoffes; das Plasma für sich allein, von den Körperchen getrennt, ist farblos; es erhält eine gelbliche Färbung nur durch Auflösung des in den Blutkörperchen befindlichen Blutrothes, und solche Auflösung findet nur in krankhaften Verhältnissen statt. Das frische Blutroth

hat eine dunkle, blaurothe Farbe; durch Aufnahme von Sauerstoff wird es kirschroth, und es ist leicht durch Versuche nachzuweisen, daß die Blutkörperchen sehr begierig den Sauerstoff der Luft anziehen und dadurch ihre Farbe ändern. In dem Plasma befindet sich kein Stoff, welcher mit dem Blutrothe in dieser Verwandtschaft zu dem Sauerstoff wetteifern könnte. Es darf demnach der Schluß wohl gerechtfertigt erscheinen, daß die Blutkörperchen diejenigen Formbestandtheile des Blutes sind, welche den Sauerstoff der Luft an sich ziehen und ihn so den Organen des Körpers zuführen. Eine Bestätigung dieser Ansicht liegt in dem Verhalten der Blutkörperchen gegenüber gewissen Gasen, wie Schwefelwasserstoff, Leuchtgas, Kohlenwasserstoff, namentlich aber dem Kohlenoxydgase, das sich bekanntlich bei unvollkommenem Verbrennen von Kohlen in geschlossenem Raume entwickelt und bei den sogenannten Erstickungen im Kohlendampfe, diesem häufigen Selbstmordmittel, die Hauptwirkung erzeugt. Dieses Gas wirkt wirklich giftig, indem es die Blutkörperchen ihrer Fähigkeit beraubt, Sauerstoff aufzunehmen. In Kohlensäure erstickte Individuen können durch künstliche Athmung, Eintreiben von Sauerstoff oder Luft wieder ins Leben gerufen werden, weil die im Blute enthaltene Kohlensäure durch den Sauerstoff ausgetrieben wird; in Kohlenoxydgas erstickte Individuen sind rettungslos verloren — der eingeblasene Sauerstoff wird von den Blutkörperchen nicht aufgenommen.

Man hat geglaubt, die Kohlensäure, welche man in dem dunkeln venösen Blute vorfindet, sei darin frei aufgelöst enthalten. Dies ist auch theilweise der Fall. Allein das Plasma, die Blutflüssigkeit, enthält ein Salz aufgelöst, welches äußerst leicht Kohlensäure einschluckt und sich damit chemisch verbindet; das Plasma enthält kohlensaures Natron, das, mit Kohlensäure in Berührung gebracht, sich in doppelt kohlensaures Natron umwandelt. Wird aber eine Auflösung von kohlensaurem Natron mit einem Luftraume in Berührung gebracht, der keine Kohlensäure enthält, so wird wieder eine bestimmte Quantität dieser Kohlensäure an den Luftraum abgegeben. Das phosphorsaure Natron des Plasma's

schluckt ebenfalls Kohlensäure ein, die es leicht abgibt. Die Kohlensäure, welche in den Lungen ausgestoßen wird, bildet sich durch den Prozeß der Ernährung im Inneren der Gewebe; sie wird durch Imbibition von den Körpercapillaren aufgenommen und verbindet sich in diesen, wenigstens theilweise, mit den erwähnten Salzen des Plasma's. Da deren Menge nicht hinreichend ist, um die sämmtliche Kohlensäure aufzunehmen, so bleibt die überschüssige Kohlensäure in der Blutflüssigkeit aufgelöst.

Sauerstoff und Kohlensäure, die beiden an der Respiration betheiligten Gase, sind demnach an verschiedene Bestandtheile des Blutes gebunden : der Sauerstoff an das Blutroth der Körperchen, die Kohlensäure an das Natron und die Flüssigkeit des Plasma's. Beide Gase werden an verschiedenen Orten aufgenommen und abgeschieden : der in den Lungen aufgenommene Sauerstoff wird in dem Gewebe der Organe, in der Blutbahn der Capillaren abgesetzt und die an diesem Orte gebildete Kohlensäure wird in den Lungen abgeschieden.

Die Abscheidung von Kohlensäure und die Aufnahme des Sauerstoffes in den Lungen stehen in einem gewissen Verhältnisse zu einander, das sich hauptsächlich bei sonst gleichbleibenden Verhältnissen nach der eingenommenen Nahrung richtet. Thiere, welche mit Brod und Körnern gefüttert werden, athmen in der Kohlensäure, die sie entbinden, mehr Sauerstoff aus, als aus der eingeathmeten Luft verschwindet. Bei Brod- und Körnernahrung wird demnach sicherlich ein Theil des ausgeathmeten Sauerstoffes aus der Nahrung bereitet, und es ist dies, wie wir früher gesehen, wohl sicherlich der Umwandlung der stärkemehlhaltigen Substanzen in Fett zuzuschreiben, wobei diese einen Theil ihres Sauerstoffes verlieren müssen. Das umgekehrte Verhältniß findet bei Fleischfütterung statt. Der Sauerstoff der ausgeathmeten Kohlensäure übertrifft dann die Menge des eingeathmeten, und das Verhältniß bleibt sich gleich, wenn auch das Thier gänzlich fastet.

Bevor indeß der Austausch der Gase in dem durch die Lungen strömenden Blute stattfinden kann, muß die eingeathmete Luft zu demselben gelangen und bis an das letzte Ende der Lungenzellen bringen. Hier findet nun schon insofern ein Austausch statt, als der eintretende Athemzug auf die im Inneren der Lungen befindliche Residualluft trifft, die stets noch reicher an Kohlensäure ist, als die ausgeathmete Luft selber. Man hat durch Versuche nachgewiesen, daß das Verhältniß der Kohlensäure nicht zu allen Zeiten der Ausathmung dasselbe ist, sondern daß gegen das Ende der Ausathmung die Luft reicher an Kohlensäure ist, als an dem Anfang. Athmet man nach einem gewöhnlichen Einzuge gewöhnlich aus, und preßt man dann, ohne wieder einzuathmen, noch einen Theil der Luft, die in den Lungen geblieben wäre, aus, so enthält diese letztere Portion eine bei weitem größere Quantität Kohlensäure, als die erstere. Die Residualluft hat demnach schon durch die oben erwähnte Abdunstung der Kohlensäure aus dem Plasma einen beständigen größeren Kohlensäuregehalt und mischt sich vor allen Dingen mit der beim Einathmen eindringenden atmosphärischen Luft. Eine Mischung zwischen beiden Gasen würde zwar schon auch ohne die Athembewegungen statthaben, während durch diese Bewegungen ein Luftstrom in die innerhalb der Lungen stagnirende kohlensäurereiche Luftmenge mit Gewalt eingepreßt wird, dort sich mit einer gewissen Menge Kohlensäure sättigt und dann wieder ausgetrieben wird. Durch diese Mischung wird die Residualluft etwas ärmer an Kohlensäure und der Abgang an diesem Stoff augenblicklich aus dem Blute ersetzt. Der Mechanismus der Athembewegungen läßt sich demnach etwa mit dem einer Pumpe vergleichen, die in ein Reservoir, welches Salzwasser enthält, mit jedem niedergehenden Pumpenstoße reines Wasser einspritzt und salziges Wasser emporhebt. Würde das Reservoir nicht aus einer Salzquelle gespeist, so wäre sein Salzgehalt bald gänzlich erschöpft; findet aber eine stete Speisung statt, so wird man in dem Reservoir stets eine stärkere Salzsoole finden, als diejenige ist, welche die Pumpe hervorhebt.

Aber nicht bloß in den Lungen, auch in den peripherischen Capillaren des Körpers geht ein beständiger Austausch von Gasen vor sich, und zwar in umgekehrter Ordnung. Die durch die Ernährung der Theile gebildete Kohlensäure tritt in das Blut über und statt ihrer wird der Sauerstoff aus dem Blute aufgenommen. Der in der Athmung aufgenommene Sauerstoff verläßt demnach das arterielle Blut wieder; die Farbe der Blutkügelchen wird blauer.

Offenbar kann diese Ausscheidung von Sauerstoff nur darin beruhen, daß die Blutkörperchen ihn an die Gewebe abgeben. Dieser Sauerstoff kann nicht im Plasma aufgelöst bleiben, denn directe Versuche belehren uns, daß dasselbe nur sehr wenig Sauerstoff aufnimmt. Dagegen wissen wir durch Versuche, daß der geronnene Faserstoff sehr lebhaft Sauerstoff einschluckt und ihn in Kohlensäure verwandelt; — es ist mithin wahrscheinlich, daß der durch Zerstörung der Blutkörperchen aus dem Blute getretene Sauerstoff auf die festen Faserstoffgebilde des Körpers einwirkt und sich mit diesen verbindet. Vielleicht wird er nur durch Mitwirkung der in den Geweben enthaltenen Weinsäure gebunden; wenigstens verhindert Beimischung derselben zum Blut das Austreiben des Sauerstoffes aus demselben.

Wir kennen kein Gewebe im ganzen Körper, welches mit solcher Begierde den Sauerstoff an sich zieht und ihn theilweise in Ozon verwandelt, als die Blutkörperchen und zwar ist es der Farbstoff derselben, welcher einschluckend und ozonisirend wirkt, nicht das Globulin. Aber dabei zersetzt sich der Farbstoff nicht — er wirkt etwa wie Platinschwamm oder ähnliche fein zertheilte Körper auf Gase; er zieht den Sauerstoff an, hält ihn mit einer gewissen Kraft zurück, gibt ihn aber bei stärkerer Einwirkung wieder los, so daß man den Sauerstoff aus dem Blute durch Kochen, Eintreiben indifferenter Gase oder im luftleeren Raume austreiben kann.

Die große Wichtigkeit der Blutkörperchen als Sauerstoffvehikel für den ganzen Körper zeigt sich in der Giftigkeit der Gase, welche, wie oben bemerkt, ihren Sauerstoff austreiben und

sie zugleich der Fähigkeit berauben, wieder welchen aufzunehmen, während die anderen Gase einfach deshalb ersticken, weil kein Sauerstoff zugeführt wird. — Nicht minder spricht dafür die Gefährlichkeit großer und besonders plötzlicher Blutverluste. Die dadurch entführte Flüssigkeit wird schnell aus den Geweben wieder ersetzt, nicht aber die Masse der Blutkörperchen, zu deren Neubildung es offenbar längerer Zeit bedarf. Der Verblutende stirbt demnach aus Mangel an Sauerstoffzufuhr im Körper — er erstickt, und die Krämpfe, welche stets bei Verblutungen auftreten, sind in der That Erstickungskrämpfe.

Wie bekannt, können die aus Blutmangel und namentlich aus Verblutungen herrührenden Zufälle durch Einspritzen von Blut in die Gefäße (Venen) des Verblutenden beseitigt werden. Man darf dazu nur seines Faserstoffes beraubtes Blut nehmen, da die Gerinnung desselben die Capillaren verstopfen würde, und muß das Eindringen von Luft sorgfältigst vermeiden, da nur wenige Luftblasen im Blute augenblicklich tödten. Ebenso tödtet die Einspritzung von Blut eines Thieres aus einer anderen Klasse fast augenblicklich. Vogelblut einem Säugethiere, Säugethierblut einem Vogel eingespritzt, tödtet unmittelbar, selbst in kleinen Quantitäten, und in dem letzteren Falle kann der Tod nicht der verschiedenen Größe der Blutkörperchen und einem dadurch bedingten Hinderniß in der Circulation innerhalb der Capillargefäße zugeschrieben werden, denn die Blutkörperchen der Säugethiere sind kleiner, als die der Vögel. Meines Erachtens kann diese giftige Wirkung der Einspritzung (Transfusion) von Blut einer anderen Species nur in der Beziehung der Blutkörperchen zum Respirationsprozesse gesucht werden, zumal da das seiner Blutkörperchen beraubte Serum keinen solchen verderblichen Einfluß übt.

Auf der andern Seite ist, wie wir oben gezeigt haben, durch die Aufnahme des Sauerstoffes in den Lungen ein Theil des im venösen Blute enthaltenen phosphorsauren Natrons seiner Kohlensäure beraubt und das doppelt kohlensaure Natron in einfach kohlensaures Natron verwandelt worden, welches mit dem arteriellen

Strome in die peripherischen Capillaren des Körpers fortgerissen wird. Dort treffen diese Salze die aus den Geweben gebildete Kohlensäure an, welche sie begierig anziehen und locker binden.

Sollen wir nun die Rolle, welche die im Blute enthaltenen Gase und die Bestandtheile des Blutes selbst spielen, näher bezeichnen, so wäre dies etwa in folgenden Sätzen zu geben : Die Gase des Blutes sind nicht in demselben aufgeschwämmt (diffundirt), sondern an einzelne Formelemente desselben gebunden. Die Blutkörperchen sind Sauerstoffschwämme. Das kohlensaure und phosphorsaure Natron des Plasma's bindet theilweise die Kohlensäure. In dem Athmungsprozesse wird Sauerstoff aufgenommen und eine entsprechende Menge Kohlensäure abgeschieden; der Sauerstoff gelangt in die Gewebe durch Zufuhr mittelst der Blutkörperchen innerhalb der Capillaren des Körpers. Die Kohlensäure gelangt in das Blut der Körpercapillaren durch Anziehung vermittelst der im Plasma enthaltenen Natronsalze.

So sehen wir denn von dem ersten Eintreten des Sauerstoffes mit der Einathmungsluft bis zur endlichen Austreibung der Kohlensäure eine beständige Verkettung von Ursachen und Wirkungen, welche durch den Austausch zwischen zwei Gasströmen sich herstellen, die in umgekehrter Richtung den Körper durchlaufen und in beständiger Wechselwirkung sich befinden. Während der Sauerstoff von außen her durch die Lungenzellen eindringt, durch die Blutflüssigkeit hindurch bis zu den Körperchen bringt und sich theils mechanisch in dem Blute auflöst, theils chemisch bindet, während er in diesem Zustande durch den arteriellen Blutstrom fortgerissen in alle Organe des Körpers vertheilt wird, diese durchdringt und die Zersetzung der organischen Substanz einleitet, wird die Kohlensäure an denselben Endpunkten durch die Verbindung des Sauerstoffes mit der organischen Substanz erzeugt, von dem venösen Blutstrome fortgeschwemmt, theilweise frei gelöst, theilweise an Salze gebunden und so in die Lungen gebracht, wo sie aus den Capillaren in die Lungenzellen übertritt und endlich mit der Ausathmungsluft entfernt wird. Ueberall aber, wo ein Austausch der Gase stattfindet, in

dem Gewebe der Organe, in dem Blute, das in den Haargefäßen des Körpers oder der Lungen kreist, in den Lungenzellen, wie in der Luftröhre und deren größeren Aesten — überall beruht dieser Austausch auf der Verschiedenheit des Gasgehaltes der mit einander in Berührung kommenden Stoffe und auf der versuchten Herstellung des Gleichgewichtes zwischen denselben. So begründet sich also dieser Austausch auf höchst einfache physikalische Gesetze, die bei der engen Beziehung des Athmungsprozesses zu allen Functionen des Organismus als oberste Regulatoren des Lebensprozesses erscheinen.

Sechster Brief.

Die Absonderung.

An allen freien Oberflächen des Körpers, von welcher Gestalt sie auch sein mögen, sehen wir unter gesunden Umständen eine beständige Ausscheidung gasförmiger oder flüssiger Bestandtheile vor sich gehen. Auf der äußeren Haut, auf der inneren Oberfläche der Schleimhäute, der sogenannten serösen Umhüllungshäute, wie Brust- und Bauchfell, ist dieser Ausscheidungsprozeß in immerwährender Thätigkeit begriffen. Die Absonderungsproducte dieser flächig ausgebreiteten Organe werden theils, wie von den Schleimhäuten des Mundes, der Lunge, des Darmkanales u. s. w., nach außen geschafft, theils aber auch bleiben sie, wie in den geschlossenen Säcken der serösen Häute, innerhalb derselben in geringer Menge aufbewahrt, und nur zuweilen, in krankhaften Verhältnissen, wie z. B. bei der Wassersucht, sammeln sie sich in solcher Menge darin an, daß die Entfernung der angehäuften Flüssigkeit nothwendig wird.

Außer diesen flächigen Absonderungsorganen aber finden sich noch im Körper eine große Menge besonderer, zu dem speciellen Zwecke der Absonderung bestimmte Organe, welche einen zusammengesetzteren Bau haben und die wir unter dem Namen der **Drüsen** begreifen. Das Princip des Baues dieser Drüsen ist äußerst einfach; es beruht auf dem Grundsatze, daß eine gebogene oder gewundene Haut auf demselben Raume weit mehr Fläche darbietet, als eine eben ausgebreitete. Eine freie Oberfläche ist stets ein wesentliches Erforderniß zur Absonderung;

wird aber diese freie Oberfläche aus gewundenen Schläuchen gebildet, so kann sie eine ungeheuere Ausbreitung bieten und dennoch auf einen kleinen Raum zusammengedrängt sein. Die Grundform der Drüsen ist deshalb ein länglicher Blindsack,

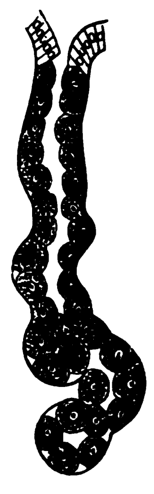


Fig. 27.
Eine Labdrüse des Menschen, als Beispiel einer einfachen Drüse.

dessen Oeffnung sich auf der Oberfläche befindet, auf welche das Absonderungsproduct oder Secret ausgeführt werden soll. Dieser Sack erhält seitliche Verzweigungen, Verästelungen, die sich zu Röhren ausspinnen, welche sich zusammenknäueln (s. Fig. 28, S. 145) und bald in körnigen, traubenförmigen (s. Fig. 29, S. 145), oder zelligen Bläschen ihr Ende finden. So bietet denn jede Drüse gleichsam das Bild eines mehr oder minder verästelten Baumes dar, dessen Stamm der Ausführungsgang ist. Die Röhren und Ausführungsgänge sind im Inneren von eigenthümlichen Häuten, die oft außerordentlich fein werden, ausgekleidet, und in und auf diesen Häuten verbreiten sich die Blutgefäßnetze, aus welchen dann der Absonderungsstoff, das Secret, geliefert wird. Die feinsten Drüsengänge, mit Ausnahme der Gallengänge, sind immer noch weit dicker, als die feinen Capillaren der Blutgefäßnetze, und man kann kein treffenderes Bild für das Verhältniß zwischen Drüsengang und Blutgefäßnetzen finden, als dasjenige eines Fingers, der von einem Seidenhandschuh einge-

hüllt ist und wo der (hohle) Finger dem blinden Ende des Drüsenganges, das Seidengewebe dem Capillargefäßnetze entsprechen würde.



Fig. 28.
Eine Knäueldrüse aus der Bindehaut des Kalbsauges.



Fig. 29.
Eine Brunner'sche Traubendrüse aus dem Dünndarme des Menschen.

Wie außerordentlich weit die Vergrößerung der absondernden Oberfläche innerhalb einer Drüse mittelst Verzweigung und Verknäuelung der Drüsengänge und Bläschen durch die Natur getrieben wird, dies zeigen folgende Beispiele. Die Samenröhrchen des Hodens würden, zu einer einzigen Röhre zusammengefügt, eine Länge von 1015—1250 Pariser Fuß betragen und die gesammte Absonderungsfläche einen Rauminhalt von 17,7—20 Quadratfuß darbieten. Eine einzige Niere bietet eine Absonderungsfläche von 43,55 Quadratfuß. Man hat den angestellten Messungen zu Folge eine Tabelle der einzelnen Drüsen des menschlichen Körpers entworfen, worin bestimmt ist, wie viel Quadratfuß Absonderungsfläche ein Kubikzoll Volumen einer jeden Drüse zeigte, und man hat folgende Verhältnißzahlen gefunden, welche freilich nur entfernt approximativ sein können:

1	Kubikzoll	Hode hat . . .	2,58	Q.-Fuß	Absonderungsfläche.
"	"	Niere	6,43	"	"
"	"	Ohrspeicheldrüse .	8,71	"	"
"	"	Thränendrüse . .	9,05	"	"
"	"	Unterzungendrüse	9,34	"	"
"	"	Unterkieferdrüse	10,52	"	"
"	"	Bauchspeicheldrüse	12,63	"	"

Von besonderem Einflusse auf die Art der Absonderungen sind gewiß die inneren Auskleidungen der Drüsengänge, sowie die Beschaffenheit des Blutstromes, welcher ihnen zugeleitet wird. Letztere kann insofern schon einen Einfluß üben, als bei weiteren Gefäßen und rascherem Blutstrome möglichst viel Blut durch die Drüse geführt und demnach die Zufuhr neuen Stoffes beschleunigt wird. Von noch größerem Einflusse aber ist die innere Auskleidung. Diese besteht bei allen Drüsen aus einem Belege von Zellen, die bald mehr rundlich oder pflasterartig, bald mehr cylindrisch sind, und dann wie Pallisaden neben einander stehen. Im Allgemeinen nennt man diese Belege von Zellen auf den inneren Oberflächen des Körpers Epithelien, und unterscheidet je nach der Form pflasterartige, cylindrische und Flimmerepithelien. Losgestoßene Theile dieser Zellen sind es, welche die verschiedenen

Flüssigkeiten der inneren Oberfläche schleimig machen. In den Drüsen nun findet man stets solche innere Epithelien, die theilweise mit der Absonderung abgestoßen werden, und die sehr häufig die charakteristischen Bestandtheile der Drüsenabsonderung enthalten. Man hat hier namentlich häufig auf die sogenannten Leberzellen hingewiesen, in welchen man nicht selten gelbe Kügelchen oder unbestimmt begränzte gelbliche Massen findet, die auch in der Galle selbst vorkommen und offenbar mit Gallenfarbstoff getränktes Fett sind. Unzweifelhaft aber ist z. B. die Gegenwart von Harnsäure in den Zellen der Nierenkanäle mancher niederen Thiere, die Entstehung der Samenfädchen in den eigenthümlichen Zellen, welche die Hodenkanäle erfüllen, und es dürfte demnach wohl keinem Zweifel unterliegen, daß auch da, wo wir die eigenthümlichen Auswurfsstoffe einer Drüse unter dem Mikroskope nicht sehen können, weil dieselben in dem Wasser der Flüssigkeit aufgelöst sind, dennoch diese eigenthümlichen Stoffe innerhalb der Drüsenzellen sich ausscheiden. Wir werden auf diese Frage, welche für die Mechanik der Drüsenabsonderung im Ganzen und selbst für die Ansicht von der Ernährung überhaupt äußerst wichtig ist, im Verlaufe dieses Briefes zurückkommen.

Von den sämmtlichen Drüsen und flächigen Absonderungsorganen des Körpers sind für uns, die wir in das Speciellere nicht eingehen können, nur drei von wesentlichem Interesse: die Haut, als Absonderungsorgan des Schweißes und der Ausdünstung, die Leber, der Galle wegen, und endlich die Nieren, in welchen eine der wesentlichsten Auswurfsflüssigkeiten, der Harn, abgeschieden wird. Wir haben schon in einem vorhergehenden Briefe den Bau der Leber und die Eigenthümlichkeit ihres fetten und alkalischen Secrets, der Galle, näher in's Auge gefaßt.

Die Structur der Haut hat zu den mannigfachsten Controversen Anlaß gegeben. Man hat vielleicht bei diesen Untersuchungen den großen Fehler begangen, daß man Verhältnisse, die man in einzelnen Fällen auffand, gleich als allgemeine Gesetze aufstellen wollte. Gerade bei der allgemeinen Bedeckung

des Körpers aber giebt es, wie Jedermann wohl aus dem bloßen Augenschein weiß, die mannigfachsten Verschiedenheiten, und es heißt wahrlich die gesunden fünf Sinne beleidigen, wenn man behaupten will, daß die Haut einer zarten Blondine, durch deren weichen Sammet alle Adern durchschimmern, dieselbe numerische Zusammensetzung habe, wie die rissigen Borken, welche den Körper eines Grobschmiedes decken. Die geübte Zunge eines Gastronomen schmeckt Verschiedenheiten, welche den Reagentien des gewandtesten Chemikers entgehen; das Mikroskop und das Scalpell des Anatomen sind ebenfalls nur unvollkommene Werkzeuge, wenn man sie mit unserem Auge und unserer Hand vergleicht.

Im Allgemeinen besteht die Haut aus zwei Schichten, einer äußeren, aus dünnen Plättchen zusammengesetzten Schicht, welche



Fig. 30.

Die Haut des Menschen in senkrechtem Durchschnitte. a. Aeußere verhornte Schicht der Oberhaut. b. Innere Schicht (Malpighi'sches Schleimnetz). c. Hautwärzchen. d. Gefäße der Lederhaut. e, f. Ausführungsgänge der Schweißdrüsen. g. Schweißdrüsen. h. Fettanhäufungen. i. Nerven.

sich beständig abschilfert und stets wieder neu aus der Tiefe ersetzt. Wir nennen diese Schicht die Oberhaut oder Epidermis. Sie ist durchscheinend, nur schwer für Wasser durchdringlich und läßt sich selbst wieder mehr oder minder deutlich in zwei Schichten theilen, von denen die äußere, frei zu Tage liegende, mehr verhornt und durch diesen Verhornungsprozeß in ihrer Structur unkenntlich gemacht ist, während die innere Schicht, die man das Malpighi'sche Schleimnetz genannt hat, aus einer weichen schleimigen Zellenlage besteht, die sich immer wieder von Neuem bildet, sobald die äußeren Zellen gänzlich verhornt und abgeschilfert sind. In der verhornten äußeren Lage der Oberhaut hängen die einzelnen Zellen durch feine stachelige Fortsätze so zusammen, daß man die Lage selbst als eine zusammenhängende Haut besonders nach Einwirkung von Blasen ziehenden Substanzen oder von kochendem Wasser abziehen kann. In den noch frischen unverhornten Zellen des Malpighi'schen Netzes finden sich an denjenigen Hautstellen, wo eine braunere Farbe hervortritt, Anhäufungen eines dunkelbraunen körnigen Pigmentes, das bei der Verhornung allmählich verschwindet. Die Farbe des Europäers wird dadurch hervorgebracht, daß das Blutroth der Gefäße, welche sich in der Lederhaut befinden, durch die etwas gelblich durchscheinende Oberhautschicht hindurchschimmert. Je dünner diese Oberhautschicht, desto stärker tritt, wie an den Wangen und Lippen, die rothe Farbe hervor, während da, wo sie sehr dick ist, wie an den Fußsohlen, das Gelblichweiß der Oberhaut überwiegt. Die Hautfarben der verschiedenen Völker werden einzig und allein durch verschiedene Mischung der drei färbenden Elemente : das Roth der Blutgefäße, das Braun des Pigmentes und das Gelbweiß der Oberhaut, hervorgebracht. Die Haut des Negers unterscheidet sich von derjenigen des Europäers nur dadurch, daß die Lage des Malpighi'schen Netzes bedeutend mächtiger und die Zellen mit dem schwarzbraunen Pigmente überfüllt sind. Unter der Oberhaut liegt die Lederhaut, ein dichter Filz unter einander gewebter Fasern von Bindegewebe und elastischem Gewebe, zwischen denen

sich noch glatte Muskelfasern befinden, welche eigenthümliche Zusammenziehungen bewirken, die wir mit dem Ausdrucke der „Gänsehaut“ bezeichnen. Die der Oberhaut zugewandte Fläche der Lederhaut ist nicht eben, sondern mit einer Menge von Hervorragungen versehen, welche bald nur hügelig, bald mehr zapfenartig erscheinen und die man die Hautwärzchen genannt hat.

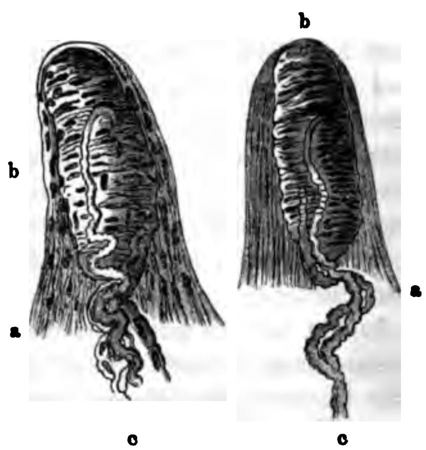


Fig. 31.

Zwei Tastwärzchen der Haut. a. Von der Lederhaut gebildete Schicht. b. Inneres Polster von Bindegewebe. c. Eintretende Nerven.

An der Innenseite der Finger drängen sich diese Hautwärzchen so zusammen, daß sie geschwungene Linien bilden, die auf jedem Finger eine eigenthümliche Zeichnung darstellen. Betrachtet man die Innenfläche der Hohlhand mit einer stärkeren Loupe, so sieht man, daß sowohl auf den vorragenden Leistchen, wie in den eingegrabenen Linien, durch welche dieselben getrennt werden, feine Grübchen sich öffnen, auf denen man oft ein krystallhelles Tröpfchen bemerkt. Dies sind die Oeffnungen der Drüsen, von welchen sich zweierlei Arten in dem Gewebe der Haut finden: die einen öffnen sich meist in der Nähe der Haare oder in dem Kanal selbst, worin das Haar steckt; sie sondern eine fettige, talgartige Masse ab, man nennt sie Talgdrüsen (s. Fig. 32); — die andern, die Schweißdrüsen (s. Fig. 30, g), liegen alle

unter der Haut im Zellgewebe und senden einen korkzieherartig gewundenen Ausführungsgang durch die Schichten der Haut und Oberhaut hindurch bis auf die Oberfläche.

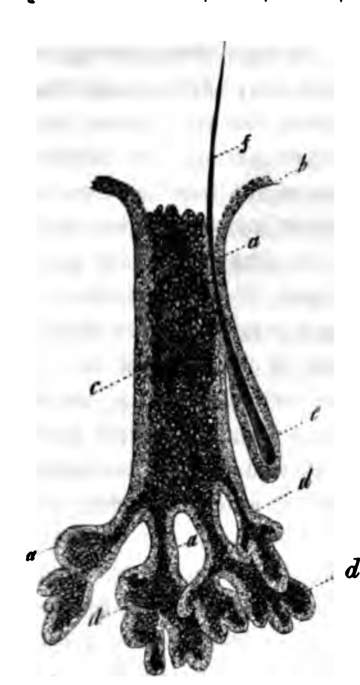


Fig. 32.
Talgdrüse von der Nase (Mitesser) mit einem Haarbalge. a. Innere Drüsenhaut bei b. in das Malpighi'sche Schleimnetz der Oberhaut übergehend; c. Ausführungsgang der Drüse, mit Talg gefüllt; d. Drüsenträubchen; e. der Haarsack; f. das darin steckende Haar.

Die meisten Schweißdrüsen finden sich sonderbarer Weise an der Sohle und an der Hohlhand, bekanntlich zwei Stellen, an denen man selten oder nie schwitzt; die größten lassen sich in der Achselhöhle antreffen. Man hat berechnet, daß in der Hohlhand, welche die meisten Schweißdrüsen besitzt, sich deren 2736 auf einem Quadratzolle Oberfläche befinden, während am Nacken und Rücken, wo sie am seltensten sind, nur etwa 417 auf dem Quadratzolle sich finden. Aus dieser Vertheilung der Drüsen geht schon hervor, daß ihre Beziehung zu dem Schweiße nicht exclusiv sein kann, sondern daß, wie auch aus anderen Betrachtungen hervorgeht, die Hautausdünstung unmittelbar, ohne Vermittelung der Drüsen, aus dem Blute der Haut geschieht.

In gewöhnlichen Zuständen ist die Hautaussonderung nur eine Verdunstung; die Stoffe gehen in Gasform, für uns unsichtbar, davon; — man kann sich aber durch einen sehr einfachen Versuch davon überzeugen, daß diese Absonderung eine beständige sei. Zu diesem Ende stecke man nur den Arm in einen Glascylinder, den man so gut als möglich fest anschließen läßt. Wenn auch keine Spur von Schweiß sichtbar war, so wird doch der Cylinder bald inwendig beschlagen, und endlich werden sich an den Wänden Tropfen einer klaren, salzig schmeckenden Flüssigkeit ansammeln, die viel flüchtige organische Stoffe enthält und deshalb sehr leicht fault. Der Schweiß, welcher sich in Tropfen auf der Haut sammelt, enthält außer diesen flüchtigen Stoffen auch Kochsalz und überhaupt die Blutsalze und auch eine bedeutende Menge von Harnstoff, und zwar so viel, daß in 24 Stunden 10—15 Gramm Harnstoff, also etwa ein Drittel derjenigen Menge, welche in dem Harne abgeht, durch den Schweiß entleert werden kann. In Krankheiten ist die Harnstoff-Ausscheidung oft so bedeutend, daß sich z. B. bei Cholera das Gesicht beim Verdunsten des Schweißes mit Harnstoff-Kryställchen beschlägt. Je reichlicher der Schweiß wird, desto weniger feste Stoffe enthält er. Man begreift aber leicht, daß seine Absonderung bis zu einem gewissen Grade die Harnabsonderung ersetzen kann, indem der hauptsächlichste Ausscheidungsstoff, welcher im Harne vorkommt, sich auch im Schweiße findet. Der Kohlensäuregehalt der Hautausdünstung ist dagegen sehr gering und kann in keiner Weise demjenigen der Athemluft verglichen werden.

Die Menge der Hautausdünstung und besonders die Schweißbildung hängt zunächst von der Individualität ab. Die Einen schwitzen bei dem geringsten Anlasse, die Anderen nur sehr schwer. Nächst der Individualität aber äußern die Menge der genossenen Getränke, so wie die Temperatur und Trockenheit der Atmosphäre den entschiedensten Einfluß auf die Menge des durch die Hautausdünstung entleerten Wassers, die wieder mit derjenigen des Urins balancirt. Je größer die Hitze, je feuchter die Luft, desto mehr verlieren wir durch Schweiß; desto gefärbter und wasserarmer

wird aber auch unser Urin, während im Gegentheile in den kälteren Wintermonaten letzterer um so wässeriger wird, je mehr die Hautausdünstung auf ein Minimum zurücksinkt. Es wird aus diesen Thatsachen erklärlich, warum in heißen und warmen Klimaten das Verhältniß der unmittelbar wägbaren Ausleerungen, Koth und Harn, zu den gasförmigen, Haut- und Lungenausdünstung oder Perspiration, ein anderes ist, als in gemäßigten, kalten und feuchten Zonen. In den letzteren, wo die Luft fast beständig mit Feuchtigkeit geschwängert ist, bei durchschnittlich kühler Temperatur, wird durch Lungen und Haut weit weniger Wasser in Dampfform abgeschieden, als in heißen und trockenen Gegenden, und je nachdem dies Wasser in Dampfform durch die Perspiration, oder in flüssiger Form durch die wägbaren Ausleerungen davon geht, neigt dieser Ausschlag mehr auf die eine oder die andere Seite. Unter Umständen kann der Schweiß außerordentlich bedeutend sein. Bei Versuchen im Schwitzbade, wo die schwitzende Person nackt auf einer Metallrinne lag, flossen in $1^1/_2$ Stunden 3—5 Pfund Flüssigkeit ab; ein anderer Beobachter verlor in einem Schwitzbade innerhalb 17 Minuten 1280 Gramm, also in einer Viertelstunde $2^1/_2$ Pfund.



Fig. 33.
Die Niere, nebst dem Harnleiter, senkrecht durchschnitten, um die innere Structur zu zeigen. 1. Die Nebenniere, in Fett und Bauchfell eingehüllt. 2. Rindensubstanz mit geknäuelten Harnkanälchen. 3. Die Pyramiden der Marksubstanz, mit gestreckten Harnkanälchen. 4. Nierenwärzchen, in den Hohlraum der Niere hineinragend. 5. Hohlraum der Niere. 6. Anfang, 7. Fortsetzung des Harnleiters.

Die Nieren, welche den Harn absondern, sind bekanntlich zwei zu beiden Seiten der Lendenwirbelsäule in der Bauchhöhle

symmetrisch gelegene, bohnenförmige Drüsen, welche bei dem Menschen etwa die Größe einer kleinen Faust haben. Durchschneidet man eine solche Niere der Länge nach, so sieht man, daß sie aus zwei wesentlich verschiedenen Substanzen zusammengesetzt ist. Nach Außen zeigt sich eine dunklere weichere Lage von Rindensubstanz, von unbestimmt körnigem Ansehen, die nach Innen hin in die blaßröthliche, streifige Marksubstanz übergeht, welche in etwa 12—15 kegelförmige Abtheilungen, die sogenannten Pyramiden, getheilt ist. Die Spitzen der Kegel oder die Nierenwärzchen sind alle nach Innen gegen den Mittelpunkt der Niere gerichtet und enden frei in einem Hohlraume, dem sogenannten Nierenbecken, welches sich unmittelbar in den röhrenförmigen Harnleiter fortsetzt, der jederseits nach Unten läuft und in die Harnblase sich öffnet. Untersucht man die Structur der Niere genauer (s. Fig. 34, S. 155), so sieht man, daß die Rindenmasse aus einer Unzahl vielfach hin und her gewundener Harnkanälchen besteht, welche allseitig von den Blutgefäßen umsponnen werden. Allmählich sammeln sich diese Harnkanälchen nach Innen zu, wobei sie zugleich einen gestreckteren Verlauf annehmen und so das streifige Ansehen der Pyramiden der Marksubstanz erzeugen. Mehr und mehr zusammenmündend öffnen sich endlich die Harnkanälchen an der Spitze der Nierenwärzchen und lassen hier den Harn in das Nierenbecken austreten, von welchem er dann durch den Harnleiter in die Blase abfließt. Die Harnleiter haben ringförmige Muskelfasern, durch deren wurmförmig nach unten fortschreitende Bewegung der Harn in die Blase geschafft wird. Es kommt zuweilen vor, daß bei Individuen mit fehlerhafter Ausbildung der Bauchdecken, in Folge ursprünglicher Mißbildung, die Vorderwand der Blase fehlt, so daß man in dieselbe hineinschauen und die Oeffnungen der Harnleiter unmittelbar beobachten kann. Man sieht dann, daß die Flüssigkeit aus diesen Oeffnungen tropfenweise in Absätzen oder zuweilen auch in feinem Strahle bei stärkeren Zusammenziehungen der Harnleiter hervortritt und sich in der Blase ansammelt, aus der sie bei gesundem Zustande nur von Zeit zu Zeit entleert wird.

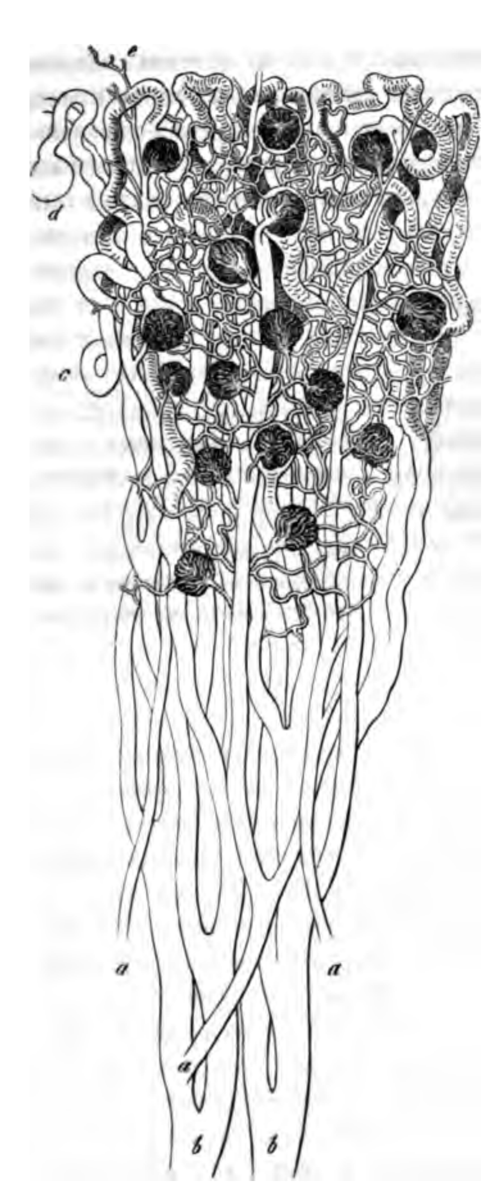


Fig. 34.

Schema der Nierenstructur: a. Arterienstämmchen, b. Harnkanälchen, in der Marksubstanz fast gerade verlaufend. c. Gewundene Harnkanälchen der Rindensubstanz, d. Gefäßknäuel derselben (Malpighi'sche Körperchen); e. Haargefäße der Rindensubstanz.

Von besonderer Wichtigkeit erscheint in der Niere die Gefäßvertheilung. Die Nierenarterie, welche jederseits aus der großen Unterleibsschlagader, der Bauchaorta, entspringt, ist verhältnißmäßig sehr weit und theilt sich schnell in zahlreiche feine Netze, an denen besondere Gefäßknäuel hängen. Ein jeder solcher Gefäßknäuel (siehe Fig. 35), der mit dem bloßen Auge gerade

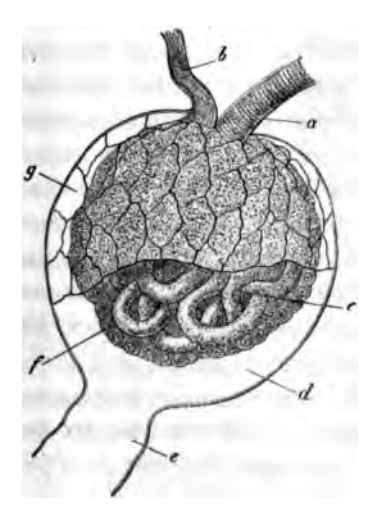


Fig. 35.
Schematische Darstellung eines Malpighi'schen Körperchens aus der Niere. a. Einführendes, b. ausführendes Blutgefäß. c. Capillargefäßschlingen im Inneren. d. Unterer Theil der Kapsel, ohne Epithel gezeichnet. e. Anfang des Harnkanälchens. f. Inneres Epithel des Gefäßknäuels. g. Inneres Epithel der Kapsel.

noch als rothes Pünktchen gesehen werden kann, ist von einem einzigen Gefäße gebildet, welches sich in mehrere Zweige spaltet, die sich knäuelförmig zusammenwinden und endlich wieder in ein einziges Gefäß sammeln. Dieses aus dem Gefäßknäuel hervortretende Arterienstämmchen löst sich erst einige Zeit nach seinem Austritte in das Haargefäßnetz auf, welches die gewundenen Harnkanälchen umspinnt. Man nennt in der anatomischen Kunstsprache die Auflösung größerer Gefäßstämme in feinere Zweige, die sich wieder zu einem Gefäße von derselben Natur sammeln, Wundernetze. Ein solches Gefäßknäuelchen der Niere ist mithin ein Wundernetz eines feinen Arterienzweiges, das sich nur durch seine Zusammenknäuelung vor anderen Netzen dieser Art auszeichnet. Merkwürdig ist aber das Verhalten dieser Gefäßknäuelchen zu der Mechanik der Nierenabsonderung. Jeder

Knäuel ist dicht von einer feinen häutigen Kapsel umgeben, welche nichts Anderes ist, als das blasenförmig angeschwollene Ende eines Harnkanälchens. Es beginnt also jedes Harnkanälchen mit einem hohlen Knopfe, in dessen Höhle ein Gefäßknäuelchen steckt, eine Einrichtung, die sich bei keiner anderen Drüse wieder findet.

Die Harnabsonderung ist eine der wichtigsten Functionen des ganzen Körpers, denn durch sie werden hauptsächlich die Producte der Zersetzung stickstoffhaltiger Substanzen aus dem Körper geschafft; ja wenn man die geringe Quantität von Stickstoff, die sich in den Excrementen und der Hautabsonderung finden, außer Augen läßt, so ist der Harn die einzige Absonderung, durch welche der Stickstoff überflüssig gewordener Substanzen in Form eigenthümlicher Verbindungen aus dem Körper geschafft wird, während Haut- und Lungenausdünstung die Verbrennungsproducte des Kohlenstoffes und des Wasserstoffes ausscheiden. Freilich dürfen wir dabei nicht außer Acht lassen, daß die Frage über Ausscheidung von Stickstoff, sowohl in Gasform als auch in Gestalt von Ammoniak, durchaus noch nicht endgültig gelöst ist. Im normalen Zustande schwankt das specifische Gewicht des Harnes zwischen 1,010 bis 1,030, in krankhaften Zuständen können dagegen beide Gränzen noch bedeutend weiter hinausgeschoben werden. Frischer Harn von gesunden Menschen und fleischfressenden Thieren ist stets sauer, und zwar rührt diese saure Reaction nicht sowohl von freien Säuren, als von der Gegenwart des phosphorsauren Natrons her. Durch Zersetzung entwickelt sich schnell Anfangs freie organische Säure, später aber, bei beginnender Fäulniß, Ammoniak, wodurch dann die saure Reaction in eine alkalische übergeht. Die Menge des Harnes, welche täglich gelassen wird, ist außerordentlichen Schwankungen ausgesetzt, da sie einestheils mit der Menge des genossenen Getränkes und der Nahrung überhaupt, anderntheils aber mit der durch die Perspiration ausgedünsteten Wassermenge im genauesten Zusammenhange steht. Nach genauen Beobachtungen bei durchaus gleichförmiger Lebensweise betrug das Mittel des während 24 Stunden entleerten Urines im November 56 Loth,

im December $57^1/_2$ L., im Januar 57 L., im Februar $54^1/_5$ L., März $46^1/_2$ L., April $40^2/_3$ L., Mai $40^1/_3$ L., und es ist zu bedauern, daß diese Messungen nicht während eines ganzen Jahres fortgesetzt wurden, um die regelmäßige Stufenleiter, welche die verhältnißmäßigen Mengen je nach den Jahreszeiten bilden, genau bestimmen zu können.

Die Menge der durch den Harn entleerten festen Stoffe wechselt eben so sehr, wie die Harnmenge selbst. Reichlicher Genuß von Wasser und wässerigen Getränken vermehrt die Quantität der festen Substanzen überhaupt — die Gewebe werden ausgeschwemmt. Die entleerte Wassermenge ist dann, wenn Salze oder Fleisch im Uebermaße genossen werden, sogar größer als die eingeführte — den Körpergeweben wird Wasser entzogen und als nothwendige Folge stellt sich Durst ein. Ja sogar durch Verletzungen des centralen Nervensystemes am verlängerten Marke kann die Harnmenge bedeutend vermehrt werden.

Als die beiden wesentlichsten Bestandtheile des Urins, welche im normalen Zustande nie fehlen, stellen sich zwei organische, sehr stickstoffreiche Verbindungen dar: der Harnstoff und die Harnsäure, deren Menge fast immer in gleichem Verhältnisse zu einander bleibt, indem auf 45 Theile Harnstoff 1 Theil Harnsäure entleert wird. 100 Theile Harnsäure enthalten gerade ein Drittel des Gewichtes Stickstoff, und 100 Theile Harnstoff nahezu die Hälfte, nämlich 46,67 auf 20 Theile Kohlenstoff. Wenn schon es bemerkenswerth ist, daß keine andere Secretion des Körpers solche stickstoffreiche Materien in bedeutender Menge enthält, so ist noch besonders zu berücksichtigen, daß keine andere organische Substanz den Stickstoff in so bedeutender Menge enthält, als gerade diese beiden charakteristischen Bestandtheile des Harns. Die eiweißartigen Körper, die Alkaloide, enthalten weit weniger Stickstoff, und man kann deshalb wenigstens theoretisch behaupten, daß die organischen stickstoffhaltigen Substanzen dadurch in Harnstoff und Harnsäure übergeführt werden können, daß ein Theil ihres Kohlenstoffes und Wasserstoffes verbrennt, während der zurückbleibende Stickstoff mit dem übrig bleibenden Kohlenstoff

und Wasserstoff eine Verbindung eingeht. Offenbar wird auch durch den Lebensprozeß definitiv in dem Körper diese Zersetzung hergestellt, indem einerseits der Harn die zurückbleibende Stickstoffverbindung, anderseits die Athmung die Kohlensäure und das Wasser aus dem Körper entführt. Außer dem Harnstoff und der Harnsäure enthält der Harn auch noch bei den Continentalvölkern Europa's (kaum aber bei den fleischfressenden Engländern) stets eine kleine Menge Hippursäure, die sich bei Pflanzennahrung mehrt und auch namentlich bei den Pflanzenfressern die Harnsäure ersetzt, etwas Weniges Kreatin und Kreatinin, Stoffe, deren wir oben bei dem Fleische als Zersetzungsproducte der Muskelsubstanz erwähnten, und eine eigenthümliche thierische Materie, welche überall in Gestalt eines bräunlichen, harzartigen Körpers den chemischen Operationen hinderlich in den Weg tritt, und, wie es scheint, mehrere Farbstoffe, sowie einen besonderen Riechstoff enthält. Die Salze, welche in der Harnflüssigkeit aufgelöst sind, bestehen hauptsächlich aus phosphorsaurem Natron, Kalk und Talk, aus Kochsalz und Glaubersalz, und wechseln außerordentlich, je nach der Beschaffenheit der Nahrung, da fast alle löslichen Salze mit großer Schnelligkeit in den Harn übergehen, und der Menge des Schweißes, der namentlich Kochsalz entführt.

Die wichtigste Rolle im Harne spielt ohne Zweifel der Harnstoff, dessen verhältnißmäßige Menge im Harne man schon aus dem specifischen Gewichte erschließen kann. In gesundem Zustande schwankt der Gehalt des Harnstoffes in ziemlich bedeutenden Gränzen zwischen 15 und 37,5 Theilen in 1000 Theilen Harn; das Mittel mag etwa 25 bis 30 Theile betragen. Bei Hunger und stickstoffloser Nahrung entleerte ein 24jähriger gesunder Mann in 24 Stunden 17 Gramm Harnstoff; bei übermäßiger Fleischnahrung 86,3 Gramm — also fünfmal mehr. Die Harnstoffmenge, welche ein erwachsener Mann von 45 Jahren in 24 Stunden entleert, beträgt im Mittel 35 bis 38 Gramm. Die Bestimmungen desselben Beobachters, der an einem wahren Fleisch- und Fettkolosse von 215 Pfund Gewicht arbeitete, er-

gaben bei einer Frau von 43 Jahren und 180 Pfund 25,32 Harnstoff, bei einem 132 Pfund schweren Mädchen von 18 Jahren 20,19 Harnstoff, bei einem Knaben von 16 Jahren, der 97 Pfund wog, 19,86 Gramm durchschnittlich in 24 Stunden. Man sieht, daß dem Körpergewichte nach die Familie, welche diese Bestimmungen lieferte, große Verhältnisse zeigt, und demnach die Uebertragung dieser Zahlen auf Menschen von mittlerem Körpergewichte um so mehr erst nach vorgängiger Reduction anwendbar wäre, als die Fett- nnd Knochenmassen, welche Gerüste dieser Art stützen und umhüllen, sehr bedeutend sind, diese stickstofflosen Körper aber keinen Beitrag zur Harnbereitung liefern können. Sucht man die Zahlen aber so zu vergleichen, daß man die Menge des Harnstoffes, die in 24 Stunden auf je ein Pfund Körpergewicht ausgeleert wird, berechnet, so findet man, daß der Knabe verhältnißmäßig am Meisten Harnstoff producirte, nach ihm der Mann, daß dann die Frau und zuletzt das Mädchen folgte, welches die geringste Menge ergab. Wahrscheinlich beruht dies Resultat darauf, daß der Mann, wie dies gewöhnlich geschieht, auch bei sonst gemeinschaftlicher Familiennahrung, mehr Fleisch und sonstige stickstoffhaltige Stoffe zu sich nahm, als der weibliche Theil der Familie, und daß der noch im Wachsthum befindliche Knabe verhältnißmäßig mehr Nahrung und stickstoffhaltige Nahrung zu sich nahm, als die schon im Wachsthum vollendeten Personen.

Schon die einfachste Erfahrung mußte nachweisen, daß die Harnabsonderung durch die leisesten Veränderungen in Speise und Trank, sowie im Verhalten des Körpers in Ruhe oder Bewegung mitbetroffen wurde; daß der größere oder geringere Sättigungsgrad sowohl von der Aufnahme von Flüssigkeiten, als von dem gleichzeitigen Spiel der Lungen und der Haut abhänge; daß die Zusammensetzung selbst eine andere werden müsse, je nach den Bestandtheilen der Nahrung und den Zuständen des Körpers. Der Harn, seine Zusammensetzung und sein Concentrationsgrad bietet gewissermaßen das empfindlichste Barometer für alle wechselnden Zustände des Organismus dar, und so viele

Versuche man auch bis jetzt über sein Verhalten im gesunden und kranken Zustande gemacht hat, so sind doch bei Weitem noch nicht alle Fragen erschöpft, welche an diese Untersuchungen geknüpft werden können.

Die Nahrungsmittel im engeren Sinne üben einen ganz besonderen Einfluß aus: der Harn der pflanzenfressenden Thiere ist nicht sauer, sondern alkalisch; er enthält weniger Harnstoff, als derjenige der fleischfressenden, und statt der stickstoffreichen Harnsäure die kohlenstoffreiche oder stickstoffarme Hippursäure. Statt der phosphorsauren Salze enthält der Harn der Pflanzenfresser größtentheils kohlensaure Salze, statt des Kali hauptsächlich Natron. Es läßt sich erwarten, daß durch Veränderung der Nahrung nach dieser Richtung hin auch der Harn geändert werden kann. Einige Forscher haben Versuche dieser Art an sich selbst angestellt, andere haben Hunde abwechselnd mit verschiedenen Stoffen gefüttert und die Resultate hieraus gezogen. In neuerer Zeit erst sind Versuchsreihen, an einem Hunde angestellt, veröffentlicht worden, welche freilich zu den entgegengesetzten Schlüssen führen müssen, als die sind, zu welchen die Beobachter gelangt zu sein glauben. Denn es zeigt sich bei diesen Versuchen auf das Deutlichste, daß zwar allerdings ein Theil des abgesonderten Harnstoffes von der Metamorphose der Gewebe herrührt, der größte Theil dagegen von der directen Umwandlung der stickstoffhaltigen Nahrungsstoffe im Blute. In der That sondern die Thiere während des Hungers eine bestimmte Quantität von Harnstoff ab, der wohl gewiß zum größten Theile vom Umsatze der Gewebe und besonders des Muskelfleisches abhängt und etwa derjenigen Menge von Harnstoff gleich ist, welche bei stickstoffloser Nahrung, wie z. B. Fett, abgesondert wird. Dagegen wird die Menge des Harnstoffes augenblicklich vermehrt, sobald die Nahrungsstoffe mehr Stickstoff enthalten, und wird sogar dann übermäßig, wenn die eingenommenen Substanzen nicht zur Ernährung des Körpers dienen. So wirkt z. B. Leim, der den Körper nicht ernährt, ganz in derselben Weise wie Fleisch, welches vollkommen ernährt, auf die Vermehrung

der Absonderung des Harnstoffes ein. Wird die Stickstoffnahrung übermäßig, so kann endlich der Harn der Stickstoffausscheidung nicht mehr genügen; — die Hunde verbreiten einen pestilenzialischen Gestank und dünsten offenbar stickstoffhaltige Substanzen durch Haut und Lungen aus.

Die Versuche haben ferner gelehrt, daß Arbeit, Muskelanstrengung, Laufen in einem Rade z. B., die Harnstoffmenge kaum vermehrt, wenn nicht die Nahrung ebenfalls ihren Einfluß äußert. Ja es scheint sogar, als ob die zuweilen beobachtete Vermehrung der Harnstoffabsonderung noch innerhalb der Gränzen der Beobachtungsfehler falle. Offenbar ist also die Harnstoffquelle, welche aus dem Umsatz der Muskelgewebe sprudelt, nur der geringere Theil der Harnstoffproduction, welche in dem Körper stattfindet, und wenn man, um dies Resultat zu verdecken, die Electricität angerufen hat, so hieß dies nur ein unbekanntes X an die Stelle eines leicht zu ergründenden Resultates setzen.

Ueber den Uebergang fremder, von Außen eingeführter Stoffe in den Harn hat man vielfache Versuche angestellt. Metalle, welche mit thierischen Stoffen unlösliche Verbindungen eingehen, wie Quecksilber, Blei, Eisen; flüchtige, leicht verdampfende Stoffe, wie ätherische Oele, Weingeist u. s. w., finden sich niemals im Urine wieder; letztere Stoffe werden durch die für gasförmige Abscheidungen bestimmten Organe, die Lungen und die Haut, entfernt. Salze mit unorganischen Säuren und Basen, lösliche Farbstoffe, viele feste Riechstoffe, die nur durch ihre eigene langsame Zersetzung riechen, wie Moschus, Bibergeil 2c., endlich die organischen Basen Chinin, Cinchonin 2c. werden unzersetzt durch den Harn ausgeschieden. Andere Stoffe hingegen kommen nur in wesentlich verändertem Zustande wieder zum Vorschein. So wird der in den Nahrungsmitteln enthaltene freie Schwefel und Phosphor in oxydirtem Zustande als schwefelsaures und phosphorsaures Salz abgeschieden; so treten die meisten Salze, welche von einer organischen Säure gebildet werden, die essigsauren, apfelsauren Salze 2c., in dem Urine als kohlensaure Salze auf. In vieler Beziehung sind diese Veränderungen äußerst merkwürdig,

indem sie nachweisen, daß auch innerhalb der Blutbahn nothwendig chemische Umsetzungen vorgehen müssen, und es somit wahrscheinlich machen, daß viele chemische Prozesse, welche wir in dem Körper beobachten, nicht allein in dem Parenchyme der Organe, während der Ernährung der Gebilde, sondern auch in dem kreisenden Blute selbst vor sich gehen. Man hat in der That nachgewiesen, daß milchsaure Alkalien, in die Venen eines Hundes eingespritzt, den Urin in kurzer Zeit alkalisch machen und darin als kohlensaures Salz nachweisbar sind. Eben so beobachtet man, daß nach Einspritzung von Traubenzucker oder Kleister in die Venen der Urin nach kurzer Zeit alkalisch wird. Der veilchenartige Geruch des Harnes nach Einnahme von Terpentin, der Gestank nach Genuß von Spargeln beweisen ebenfalls Umsetzungen der genannten organischen Stoffe in der Blutbahn. Betrachtet man alle diese Veränderungen genauer, so zeigt sich, daß viele Stoffe zwar unverändert in dem Harne wieder auftreten, wenn sie gleich zuweilen bedeutende Veränderungen im Organismus bewirken; daß diejenigen Substanzen aber, welche in verändertem Zustande auftreten, fast alle höher oxydirt, mehr oder minder verbrannt sind, und demnach wahrscheinlich in der Blutbahn selbst durch den Sauerstoff des arteriellen Blutes verändert wurden.

So viel ist ein für allemal nachgewiesen, daß den geträumten heimlichen Harnwegen, welche die alten Physiologen zum Uebergange der Flüssigkeiten aus dem Magen in die Nieren annahmen, keine Thatsache zum Grunde liegt. Eine genauere Kenntniß des Blutlaufes, der Aufsaugung und Absonderung, so wie die anatomische Untersuchung haben gelehrt, daß dergleichen Wege nicht vorhanden seien und daß alle Stoffe, welche vom Magen oder Darmkanal aufgesaugt werden, die Pfortaderzweige und die Lebergefäße, das rechte Herz, die Lungen, das linke Herz und die Arterien bis zu den Nieren mit dem Blutstrome durchlaufen müssen, ehe sie in dem abgesonderten Harne erscheinen können.

So lang auch dieser Weg scheinen mag, so wissen wir doch aus der Darstellung des Blutkreislaufes, daß die Vollendung

eines Umschwunges der Blutmasse in dem Körper nur einer sehr geringen Zeitfrist bedarf. Es darf deshalb nicht verwundern, wenn man bei Menschen, deren Harnblase durch die oben erwähnte ursprüngliche Mißbildung so geöffnet war, daß die Oeffnungen der Harnleiter dem Blick zugänglich waren, schon wenige Minuten nach der Aufnahme durch den Mund solche leicht lösliche Stoffe in dem abtröpfelnden Harne nachweisen konnte, welche, wie z. B. Blutlaugensalz, eine ausgezeichnete Reaction besitzen; — andere stark färbende Substanzen z. B. erscheinen meistens erst nach 10—20 Minuten; da aber während dieser Zeit das Blut wenigstens fünfmal im ganzen Körper kreist, so ist diese Schnelligkeit der Absonderung wohl begreiflich.

Die Mechanik der Absonderungen überhaupt ist indeß bei Weitem noch nicht so weit aufgeklärt, als es wünschbar wäre. Es erscheint zwar auf den ersten Blick sehr einfach, anzunehmen, daß die in den Drüsengängen enthaltenen Flüssigkeiten einfach aus den umspinnenden Capillargefäßen ausgeschwitzt sind, allein mit dieser Annahme sind noch nicht alle Erscheinungen hinreichend erklärt.

Erst in neuester Zeit hat man bemerkt, daß die Absonderung gerade den entgegengesetzten Einfluß auf das Blut äußert, als den, welchen man ihr früher zugeschrieben hatte. Wenn eine Drüse nicht in Thätigkeit ist, also keine Absonderung liefert, so ist das Blut, welches aus ihr zurückströmt, dunkeles, blaues, venöses Blut; sobald aber die Absonderung beginnt und der Drüsensaft zu fließen anfängt, röthet sich auch das durch die Drüsenvene strömende Blut mehr und mehr, bis es endlich die kirschrothe Farbe des Arterienblutes besitzt. An den Speicheldrüsen hat man gefunden, daß diese auffallende Erscheinung hauptsächlich von der Einwirkung verschiedenartiger Nerven abhängt, von welchen die einen den Blutlauf in den Haargefäßen beschleunigen, die anderen aber, wie wir später sehen werden, im Gegentheile hemmen und verlangsamen. Daß die Absonderung der meisten Drüsen unter einer gewissen Herrschaft des Nervensystemes stehe und häufig durch bloße Erregung des Central-

nervensystemes bedingt oder beschleunigt werden könne, ist eine alltägliche Erfahrung, und das Sprichwort, daß einem beim Anblicke einer leckeren Speise das Wasser im Munde zusammenläuft, nur ein volksthümlicher Ausdruck für die Vermehrung der Speichelabsonderung bei Erregung der Eßlust. Es werden diese und ähnliche Einwirkungen der Nerven auf die absondernden Organe aber begreiflich, wenn auch für die anderen Drüsen sich erwahren sollte, was man für die Speicheldrüsen nachgewiesen hat, nämlich daß die feinsten Nervenendigungen in die Drüsenzellen eindringen und daß der Zellenkern die letzte Endigung derselben ist. Dieses Verhältniß, so wie das eben erwähnte der Nerven zu den Blutgefäßen giebt aber die Anleitung zur Beantwortung mannigfacher Fragen, welche die Absonderungsthätigkeit überhaupt betreffen.

Sind die Drüsen einfache Filtrirmaschinen, welche den schon im Blute enthaltenen, aus der Ernährung hervorgehenden Stoff einfach absondern; oder wird im Gegentheile durch die Thätigkeit der Zellen, welche die Drüsen auskleiden, der Absonderungsstoff erst innerhalb der Drüse gebildet; oder finden endlich vielleicht beide Vorgänge zu gleicher Zeit statt, indem die Wandung der feinsten Drüsenkanälchen gewisse Stoffe, die im Blute schon vorhanden sind, abscheidet, die Thätigkeit der Zellen hingegen andere, welche nicht vorhanden waren, erst innerhalb der Drüse bildet?

Für alle diese Fragen lassen sich mehr oder minder schlagende Antworten durch Thatsachen anführen.

Vor allen Dingen darf man behaupten, daß die organischen, von der Natur selbst gewebten Filter, wie sie in den feinen Häuten des Bauchfelles, des Darmes, der Drüsen hergestellt sind, in der That die vollkommensten sind, welche überhaupt gefunden werden können, indem sie die höchste Durchgänglichkeit für Flüssigkeiten mit dem größtmöglichen Widerstand gegen festere Stoffe, seien sie auch in noch so feine Körnchen vertheilt, verbinden. Da bei jedem Filter eine gewisse Kraft beobachtet wird, mit welcher die Flüssigkeit von den Poren des Filters angezogen wird, so kann man auch wohl annehmen, daß diese Kraft bei den feinen

thierischen Häuten, aus welchen die Drüsengänge gewebt sind, nicht unbedeutend sein dürfte, ein Umstand, auf den wir sogleich zurückkommen werden.

Ferner kann nicht geleugnet werden, daß in jeder Drüse eine specifische Anziehungskraft für gewisse Stoffe, die im Blute vorhanden sind, existiren müsse. Wäre dies nicht der Fall, so müßte jeder Drüsensaft alle in der Blutflüssigkeit enthaltenen aufgelösten Stoffe ebenfalls enthalten, was aber, wie wir wissen, nicht der Fall ist. Der Harn enthält im normalen Zustande kein Eiweiß, das freilich in krankhaften Zuständen eben so wie Zucker übertreten kann, und die Proportion der verschiedenen Salze, die doch im ganzen Blute eine und dieselbe ist, erscheint in den Säften einer jeden Drüse verschieden. Offenbar muß also eine gewisse Undurchdringlichkeit für gewisse Stoffe und eine specielle Anziehungskraft für andere Stoffe einem jeden Drüsengewebe zugeschrieben werden. Beide Eigenschaften können von der mechanischen und chemischen Zusammensetzung des Drüsengewebes abhängen — ein mit Wasser durchtränktes Gewebe wird kein Fett, ein sauer reagirendes kein Eiweiß durchlassen. Die Anziehungskraft braucht aber nur einigermaßen stärker zu werden, um wirklich chemisch zersetzend und umbildend aufzutreten. Wir kennen in der unorganischen Chemie schon eine große Menge von Beispielen solcher Verwandtschaften zu Verbindungen, deren Elemente zwar vorhanden, welche aber erst durch eine gewisse Umbildung erzeugt werden sollen, und in der organischen Chemie treten diese Verwandtschaften eben so häufig auf. Holz z. B. besteht aus Kohle, Wasserstoff und Sauerstoff, und zwar diese letzteren in dem Verhältnisse, daß sie mit einander Wasser bilden. Die concentrirte Schwefelsäure hat eine ungemeine Verwandtschaft zum Wasser. Sobald Holz und Schwefelsäure zusammenkommen, wird ersteres zersetzt, sein Wasserstoff und Sauerstoff treten zusammen um Wasser zu bilden und die Kohle bleibt zurück; das Holz verkohlt sich. Chlorcalcium verbindet sich ebenfalls sehr begierig mit Wasser; allein mit Holz zusammengebracht übt es keine zersetzende Wirkung auf das letztere aus; seine Verwandt-

schaft zum Wasser ist nicht so stark, um eine Bildung dieses Stoffes auf Kosten des Holzes zu veranlassen, während es das schon gebildete Wasser begierig anziehen würde. Man sieht, es ist nur die Quantität, das Maß der anziehenden Kräfte, welches hier den Ausschlag giebt, und in der That sagen uns alle Thatsachen, daß sowohl eine specifische Filtration in der Blutflüssigkeit schon vorgebildeter Stoffe, als auch Neubildung anderer Stoffe in den Drüsen vor sich gehen müsse. Wir haben gesehen, daß unzweifelhaft der Zucker in der Leber selbst gebildet und nicht mittels der Pfortader zugeführt werde, wie manche Beobachter behaupten wollten; ja wir haben sogar die beiden Stoffe, welche zu dieser Leberzuckerbildung mitwirken, in dem Organe selbst kennen gelernt. Nicht minder wissen wir, daß nach Ausrottung der Leber keine Gallenstoffe in dem Blute nachgewiesen werden können, daß also dieselben ebenfalls durch die Thätigkeit der Leber erzeugt werden müssen. Wollen wir zu anderen Drüsen oder drüsenartigen Gebilden unsere Zuflucht nehmen, so sehen wir, daß der Leberzucker in den Lungen zu Grunde geht und in dem von den Lungen zurückkehrenden Blute nicht mehr nachgewiesen werden kann, daß also auch hier ganz gewiß eine umwandelnde Thätigkeit und zwar wahrscheinlich ein Verbrennen und Kohlensäurebildung in den Lungen selbst stattfinden müßte. Wir sehen in allen übrigen Drüsen eigenthümliche Stoffe, Pepsin in den Labdrüsen, Speichelstoff im Speichel, Hefe im Bauchspeichel, die wir im Blute nicht auffinden können und für welche also die Annahme gelten könnte, daß sie in den Drüsen selbst erzeugt wurden. Indessen dürfte man auf diese letzteren Beispiele nicht zu viel geben, da die beregten Stoffe keine characteristischen Reactionen besitzen, also leicht der Untersuchung entschlüpfen können, und andererseits nur eine äußerst geringe Menge derselben im Blute vorhanden zu sein brauchte, um nichts desto weniger die Absonderung der Drüse beständig zu unterhalten.

Auf der anderen Seite besitzen wir nicht minder eine gewisse Anzahl von Thatsachen, welche uns beweisen, daß gewisse Absonderungsstoffe wirklich im Blute vorgebildet vorhanden sind

und erst durch die Drüsen einfach abfiltrirt werden. Es kann keinem Zweifel unterliegen, daß der größte Theil der Kohlensäure, welche in den Lungen abgeschieden wird, wirklich aus dem venösen Blute stammt. Dasselbe ist für den Harnstoff erwiesen. Neuere Untersuchungen lehren, daß das Blut von Thieren (Stiere, Pferde, Hunde) im Mittel $^{2}/_{10,000}$ Harnstoff enthält. Da nun die Blutmenge, welche in einer gegebenen Zeit eine Niere durchströmt, im geraden Verhältnisse zum Gewichte dieser Niere steht, so konnte man aus dem Gewichte der Nieren einerseits und dem bekannten Harnstoffgehalte des Blutes andererseits mit Leichtigkeit berechnen, wie viel Harnstoff in einer gegebenen Zeit mit dem Blute durch die Niere hindurchgetrieben wird. Und da fand sich denn das überraschende Resultat, daß nur ein geringer Theil, etwa $^{1}/_{10}$ des durchgetriebenen Harnstoffes, von der Niere wirklich angezogen und abgesondert wird, während $^{9}/_{10}$ etwa durch die Nierenvene in die Blutbahn zurückgeleitet werden. Es kann also diesen Untersuchungen zufolge durchaus nicht in Abrede gestellt werden, daß der Harnstoff wirklich im Blute sich vorgebildet findet und durch die Nieren und die Haut, wie wir oben sahen, abfiltrirt wird. Derselbe Schluß ergab sich indessen auch schon aus dem Umstande, daß nach der Ausrottung der Nieren, die man indessen niemals ohne tödtlichen Ausgang bei Thieren vornehmen kann, die Harnstoffmenge im Blute vergrößert schien. Die aus der erwähnten grausamen Operation gezogenen Schlüsse konnten indessen um so mehr angegriffen werden, als eben der operative Eingriff ein solcher ist, daß er alle Ernährungsverhältnisse in tiefster Weise angreift.

Fassen wir indeß das Wechselverhältniß, welches in der Ernährung besteht, wohl in das Auge, so kommen wir nothwendig zu dem Schlusse, daß die Bildung der Kohlensäure aus der Ernährung der Körpergewebe, aus welcher sie in das Blut gelangt, auch nothwendig die Bildung des Harnstoffes oder eines ähnlichen, sehr stickstoffreichen Körpers setzen müsse. Die meisten Bestandtheile unseres Körpers, wie Muskelfleisch, Sehnensubstanz u. s. w., enthalten alle eine ziemlich bedeutende Menge Stickstoff, und nur

die Fettarten, die aber auch zu den in wandelbarer Menge angehäuften Substanzen des Körpers gehören, entbehren des Stickstoffes. Wird nun durch die Zersetzung der stickstoffhaltigen Substanzen ein Theil ihres Kohlenstoffes in Kohlensäure verwandelt, so muß nothwendig ein Körper überbleiben, der an Stickstoff weit reicher ist, als das zersetzte Muskelfleisch, und ein solcher Körper ist uns in dem Harnstoffe gegeben. Hundert Gewichtstheile Muskelfleisch enthalten nur 15,72 Theile Stickstoff, während in 100 Theilen Harnstoff 46,48 Gewichtstheile Stickstoff enthalten sind. Wenn aber durch die Bildung der Kohlensäure aus Muskelfleisch somit die Entstehung eines stickstoffreichen Körpers nothwendig bedingt ist, wenn die Gegenwart eines solchen, des Harnstoffes, im Blute und im Secrete der Nieren erwiesen ist, so scheint mir, man könne über seinen Ursprung nicht länger zweifelhaft sein.

Es fehlt ferner nicht ganz an directen Versuchen, welche für die Thätigkeit der Drüsen als Filtrirmaschinen zu sprechen scheinen. Der Magen hat bekanntlich ein ganz eigenthümliches Secret, den Magensaft, der von den unendlich vielen Labdrüschen geliefert wird, die in der Dicke seiner Schleimhaut eingebettet liegen. Sobald Nahrungsmittel in den Magen kommen, röthet sich dessen Schleimhaut vom größeren Blutandrange; während sie vorher bleich und schlaff war, strotzt sie jetzt und überall bricht aus den Drüsenöffnungen der sauere Magensaft in Tröpfchen hervor und lagert sich wie ein Thau auf der inneren Fläche ab. Dieselben Erscheinungen lassen sich beobachten, wenn man unmittelbar nach dem Tode des Thieres, welches zu dem Versuche dient, warmes Blut in die Magengefäße spritzt. Die Absonderung hat dabei ihren Fortgang, wie wenn das Thier noch lebte, und es ist leicht, nachzuweisen, daß der sich bildende Magensaft nicht in den Drüsen vorhanden war, sondern erst aus dem eingespritzten Blute abgeschieden wird. Wenn man nämlich ein leicht zu erkennendes Salz dem Blute, welches man einspritzt, beimischt, findet sich dieses sogleich in dem abgeschiedenen Magensafte wieder. Ich weiß wohl, daß man diesen Versuchen den

Vorwurf machen könnte, sie wären nicht entscheidend, indem das eingespritzte Blut eben so gut nur als Reiz dienen könne, welcher die bildende Thätigkeit der Magendrüsen noch nach dem Tode ansporne; allein wie man auch die Sache ansehen möge, so helfen doch diese Thatsachen mit zur Construirung eines Beweises, den sie allein nicht liefern können.

Wir kommen also zu dem Schlusse, daß die Absonderungsthätigkeit der Drüsen durchaus nicht so einfach ist, als man sich dieselbe wohl vorstellen dürfte, indem einerseits specifische Stoffe aus der Blutflüssigkeit abgeschieden, andererseits aber auch wirklich andere neu gebildet werden. Ob nun diese beiden Thätigkeiten, welche, wie wir oben nachwiesen, doch im Grunde zusammenfallen; ob dieselben an verschiedene Formelemente der Drüsen gebunden sind; ob die Filtration den feinen Häutchen der Drüsenschläuche anheimfällt, die Neubildung dagegen den diese Schläuche immer auskleidenden Zellen; — diese Frage zu entscheiden dürften die vorliegenden Untersuchungen noch nicht hinreichendes Material bieten. Das Mikroskop kann nur geringe Auskunft schaffen, indem die meisten specifischen Drüsenstoffe in den Flüssigkeiten aufgelöst, also der sichtlichen Wahrnehmung unzugänglich sind, und die Chemie ist bis jetzt ebenfalls außer Stande, genügende Antwort zu ertheilen, da die Trennung der Drüsenzellen von dem sie umspülenden Drüsensafte so, wie es zu einer chemischen Untersuchung nöthig wäre, unausführbar ist.

Sucht man die Mengen der von den einzelnen Drüsen gelieferten Flüssigkeiten zu bestimmen, so fallen dieselben, wie wir auch an einzelnen Beispielen sahen, sehr bedeutend aus, und bei einzelnen Drüsen, wie z. B. der Leber, kann es keinem Zweifel unterliegen, daß ein großer Theil der Absonderung in der That wieder in den Blutstrom zurückkehrt. Es findet also innerhalb der Drüsen eine bedeutende Fortschaffung von Flüssigkeit nach außen hin statt, und es fragt sich, welches denn hier die fortbewegende Kraft eigentlich sei. In den Ausführungsgängen der größeren Drüsen kann man ringförmige Lagen glatter Muskelfasern unterscheiden, welche durch ihre wurmförmig von innen

nach außen fortschreitenden Bewegungen die Absonderung weiter befördern und auf diese Weise im Inneren der Drüse Raum schaffen; allein diese Kraft genügt nicht zur Fortbewegung der Flüssigkeit innerhalb der häufig sehr gewundenen und verwickelten Drüsengänge, die sich doch in gewissen Fällen, z. B. bei Verschließung der Ausführungsgänge, fast bis zum Bersten mit abgesonderter Flüssigkeit füllen. Hier dürften denn zwei bewegende Elemente vorzugsweise eintreten: einerseits die oben schon erwähnte Anziehungskraft der filtrirenden Wandungen der Drüsengänge, welche gewissermaßen als ein Druck aufgefaßt werden kann, der beständig Flüssigkeit in die Gänge hineinpreßt, andererseits die Capillarität der Drüsengänge, welche so eng sind, daß sie ebenso wie Haarröhrchen wirken und demnach mittels einer gewissen Kraft die in ihnen enthaltene Flüssigkeit weiter schieben. Der Seitendruck des Blutes, dem man früher diese fortschiebende Kraft zuschreiben zu müssen glaubte, kann, wie genauere Versuche lehren, in keiner Weise für die Fortbewegung der Drüsensäfte angerufen werden.

Siebenter Brief.

Die Aufsaugung.

Alle Gewebe unseres Körpers, so fest oder trocken sie auch erscheinen mögen, sind dennoch beständig von Flüssigkeit durchtränkt. Die Wandungen der Gefäße, innerhalb welcher das Blut und die Lymphe unseres Körpers sich bewegen, sind durchdringlich für wässerige Stoffe, und daß diese Durchdringung beständig stattfinde, dies lehrt die tägliche Erfahrung. In diesem so äußerst einfachen Verhältnisse aber ist der ganze Prozeß der Ernährung, der Absonderung, der Aufsaugung begründet; denn alle Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Substanzen und Geweben des Körpers geschehen nicht unmittelbar, sondern werden durch feuchte Membranen vermittelt. Die Blutbahn ist überall in sich abgeschlossen; nirgends existirt eine offene Mündung eines Gefäßes; die Lymph- und Chylusgefäße sind ebenfalls, wenigstens der Meinung der meisten Forscher zu Folge, von allen Seiten geschlossene Röhren; der Verdauungskanal ist nur nach Außen, nirgends in die Gewebe des Körpers geöffnet, die absondernden Kanäle befinden sich in demselben Falle, sie stehen nur mit der äußeren Oberfläche, nicht aber mit den Blutgefäßen, aus welchen sie ihr Secret ziehen, in unmittelbarem Zusammenhange. Der Uebergang von Stoffen aus dem Darmkanale in das Blut oder die Lymphe und aus der Blutbahn in die absondernden Organe, mit einem Worte, der ganze vegetative Lebensprozeß wäre demnach eine reine Unmöglichkeit, wenn nicht

alle diese Röhren, Kanäle und Flächen in solcher Art gewebt wären, daß Flüssigkeiten durch sie hindurchdringen und der Stoffwechsel auf diese Weise vor sich gehen könnte.

Jedermann weiß aus der täglichen Erfahrung, daß trockene organische Stoffe in wässerige Flüssigkeiten gelegt eine gewisse Menge davon aufsaugen und durch diese Aufsaugung selbst einen bedeutenderen Raum einnehmen oder quellen. Diese Quellung verändert in der einflußreichsten Weise die physikalischen Verhältnisse der Organe, namentlich ihre Elasticität und Dehnbarkeit, und es ist nicht zu viel gesagt, wenn man behauptet, daß ohne die beständige Durchdringung unserer sämmtlichen Organgewebe mittelst der aus dem Blute ausgeschwitzten Flüssigkeit sowohl vegetatives Leben als Bewegung des Organismus durchaus unmöglich wäre. Das Maß von Flüssigkeit, welches die einzelnen Gewebe bei der Quellung aufnehmen, ist sehr verschieden, je nach der Zusammensetzung der Flüssigkeit selbst, sowie nach dem Zustande, in welchem sich das Gewebe befindet. So hat man, um nur ein Beispiel anzuführen, gefunden, daß 100 Gewichtstheile trockene Ochsenblase in 24 Stunden mehr als das doppelte ihres Gewichtes, nämlich 268 Theile Wasser, dagegen nur 133 Theile Salzwasser, 38 Theile Weingeist und 17 Theile Knochenöl in sich aufnehmen. Fleisch nimmt um so weniger Salzwasser an, je stärker der Gehalt desselben an Salz ist, und darauf beruht die in Haushaltungen bekannte Erscheinung, daß bei dem Einpöckeln des Fleisches das Salz aus dem Fleisch Wasser herauszieht und eine Salzlake gebildet wird, auch ohne daß man Wasser hinzuschüttet. Das frische Fleisch, welches mit dem wenig eiweißhaltigen Wasser der Blutflüssigkeit vollständig durchtränkt ist, kann nicht die gleiche Menge von gesättigtem Salzwasser aufnehmen, und es wird demnach durch den Salzgehalt ein Ueberschuß von Wasser aus dem Fleische herausgepreßt.

Die Quellung und vollständige Durchdringung der organischen Gewebe mit Flüssigkeit ist die erste und nothwendige Bedingung des beständigen Stoffumsatzes, welcher in dem Organismus vor sich geht. Die thierischen Häute sind alle, mit wenigen

Ausnahmen, aus Fasern gewebt, zwischen welchen Blutgefäße, Nervenfäden und Lymphgefäße in mancherlei Maschennetzen sich durchschlingen. Die Zwischenräume, welche das Gewebe bildet, bieten den hauptsächlichsten Hebel der Austauschungen dar, welche in dem Innern des Parenchyms vor sich gehen. Sobald nämlich eine thierische Haut auf beiden Seiten mit Flüssigkeiten in Berührung kommt, die unter sich irgend eine Verschiedenheit bieten, mag diese Verschiedenheit nun qualitativ oder quantitativ sein, so geschieht ein Austausch der Bestandtheile zwischen beiden Flüssigkeiten, der durch das Gewebe der Haut selbst vermittelt wird und so lange anhält, bis das Gleichgewicht auf beiden Seiten hergestellt ist. Man hat diese Erscheinung Endosmose genannt, und vielfache Versuche habe uns diese Erscheinung in mannigfaltigster Weise kennen gelehrt. Die Erscheinung der Endosmose an sich ist ungemein leicht zu beobachten. Man braucht zu diesem Ende nur ein Stück von dem Darme eines Thieres an beiden Enden zuzubinden, nachdem man es schlaff mit Weingeist gefüllt hat, und es dann in ein Gefäß mit Wasser zu legen. Bald schwillt das Darmstück an, es füllt sich vollständig, und wenn man, ehe es durch übermäßige Anfüllung platzt, die darin angehäufte Flüssigkeit untersucht, findet man, daß sie aus wässerigem Weingeiste besteht. Das Wasser ist mithin von außen her durch die Darmhäute in die innere Höhle gedrungen und hat sich mit dem darin befindlichen Weingeiste gemischt. Allein das Wasser in der Schüssel, in welcher der Darm lag, bietet einen schwachen alkoholischen Geschmack dar, und es ergiebt sich, daß auch einiger Weingeist nach außen gedrungen und sich mit dem Wasser gemischt hat. Es ist mithin durch die Darmhaut ein wirklicher Austausch zwischen den beiden Flüssigkeiten vermittelt worden, wodurch eine jede derselben Bestandtheile von der andern erhalten hat; nur mit dem Unterschiede, daß die eine mehr, die andere weniger empfing und ein einseitiges Uebergewicht statt hat. Man hat deshalb nicht mit Unrecht die Endosmose eine Einsaugung mit doppelter Strömung genannt, wobei meist der eine Strom mächtiger ist, als der andere.

Bindet man eine lange Glasröhre, in welche man etwas Weingeist gegossen hat, mit Blase zu und taucht sie in ein Gefäß mit Wasser, so bemerkt man, daß die Flüssigkeit in der Röhre steigt und selbst bis zu bedeutender Höhe über das Niveau des Wassers sich emporhebt. Die Kraft der Anziehung, welche durch die Blase ausgeübt wird, ist demnach ziemlich bedeutend und kann deshalb fast bis in's Unendliche fortwirken, weil die Poren der Blasenhaut zu fein sind, als daß ein hydrostatischer Druck durch dieselben sich fortpflanzen könnte. Die Flüssigkeit in der Röhre befindet sich demnach dem Niveau der umgebenden Flüssigkeit gegenüber fast so, als wenn die Röhre an ihrem Ende gänzlich geschlossen wäre. Es erklärt diese Erscheinung auch die in den Drüsengängen wirkende Kraft der Fortschaffung, indem nothwendig eine beständige Endosmose zwischen dem Drüsensafte und dem Blute stattfinden muß, derer stärkerer Strom nach den Drüsengängen hin gerichtet ist.

Die hauptsächlichste Bedingung, welche zur Hervorbringung der Endosmose nöthig ist, betrifft die chemischen Eigenschaften der Flüssigkeiten, welche man mit der thierischen Haut in Berührung bringt. Es ist leicht einzusehen, daß Stoffe, welche das Gewebe der Membran zerstören oder ihre Porosität durch Verbindung mit ihren Elementen aufheben, daß solche Stoffe auch unfähig sind, endosmotische Erscheinungen hervorzubringen. So kann z. B. eine Mineralsäure, wie etwa Schwefelsäure, in verdünnten Auflösungen endosmotisch durchgeführt werden, während sie in concentrirtem Zustande die Membran zerstört und keiner Endosmose fähig ist. Eine Vergiftung mit Nordhäuser Schwefelsäure, die bei dem Gebrauche der letzteren zu verschiedenen Gegenständen der häuslichen Oeconomie leider nicht selten vorkommt, tödtet nicht dadurch, daß, wie beim Opium oder einem andern Gifte dieser Art, der verderbliche Stoff in das Blut aufgenommen wird und von hieraus wirkt; sondern sie tödtet durch Zerstörung der Schleimhäute des Mundes und Magens und durch die brandige Entzündung, welche die nothwendige Folge einer solchen Zerstörung ist.

Ein zweiter wichtiger Grundsatz ist der, daß die Flüssigkeiten, welche endosmotisch durch eine Membran gehen sollen, mit der Flüssigkeit, welche diese Membran selbst tränkt, mischbar sein müssen. Eine mit Wasser getränkte thierische Haut kann noch so lange mit Oel in Berührung stehen, es wird kein Tropfen der fettigen Flüssigkeit durch sie hindurchdringen, eben weil Oel und Wasser nicht mit einander mischbar sind; eben so werden mit Oel und Fett getränkte Membranen wässerigen Flüssigkeiten keinen Durchgang gestatten. Es leidet indeß dieses Gesetz eine Ausnahme, sobald die Fette so fein zertheilt sind, daß sie durch die Poren hindurchdringen können, ein Durchgang, der dann besonders erleichtert wird, wenn sich die aufs Feinste zertheilten Fette milchartig in Flüssigkeiten aufgeschwemmt finden, welche verseiftes Fett in Auflösung enthalten. Wir haben bei der Darstellung der Verdauungsthätigkeit gesehen, daß bei weitem nicht alles im Darmkanal aufgenommene Fett verseift wird, sondern daß das meiste in mechanisch fein zertheiltem Zustande in die Blut- und Lymphgefäße übergeführt wird. Wäre dies nicht der Fall, so würde die Aufnahme unverseifter Fette überhaupt unmöglich sein, da alle thierischen Gewebe stets mit eiweißhaltiger wässeriger Flüssigkeit durchtränkt sind. Indeß ist damit, daß ein Uebertritt in größeren Tropfen nicht stattfinden kann, dennoch nicht gesagt, daß wässerige und fette Flüssigkeiten ganz ohne Einwirkung auf einander seien; man hat im Gegentheile gefunden, daß diese Flüssigkeiten, auch ohne sich zu mischen, dennoch diejenigen Stoffe untereinander austauschen, welche in beiden lösbar sind.

Zur Herstellung einer endosmotischen Strömung genügt, wenn die beiden genannten Bedingungen erfüllt sind, eine jede Verschiedenheit zwischen den beiden Flüssigkeiten, mag dieselbe nun durch ihre Zusammensetzung oder ihre Dichtigkeit gegeben sein. Auflösungen von chemisch verschiedenen Stoffen tauschen sich eben so gut unter einander aus, als Auflösungen desselben Stoffes, welche einen verschiedenen Concentrationsgrad besitzen. Eine schwache Auflösung von Eiweiß auf der einen, eine starke

Lösung auf der anderen Seite werden sich so lange mit einander austauschen, bis beide zu derselben Dichtigkeit gelangt sind, und zwar wird der Hauptstrom von der wässerigen Flüssigkeit gegen die concentrirte statthaben. Es giebt diese Erscheinung den Schlüssel zu der schnellen Aufnahme wässeriger Flüssigkeiten innerhalb des Darmkanales. Getränke verschwinden fast augenblicklich, und nach einigen Augenblicken erscheinen sie, ausgeschieden aus dem Blutstrome, im Harne. Man kann nun aber das Blut füglich als eine Auflösung von Eiweiß und Faserstoff betrachten, als eine Flüssigkeit von einer Concentration, die weit bedeutender ist, als die der meisten unserer Getränke. Sobald diese letzteren in dem Magen angelangt sind, entsteht ein lebhafter endosmotischer Strom in die Blutgefäße, und die Flüssigkeit wird so lange in den Blutstrom hinübergerissen, bis sie auf gleichem Dichtigkeitsgrade mit dem Blute steht. Die große Schnelligkeit, womit dieser ganze Vorgang sich vollendet, ist leicht erklärlich aus der ungemeinen Dünne und Zartheit der Membranen, durch welche der Austausch vor sich geht. Die Capillaren und die Lymphgefäße, welche ihre Netze in den Falten der Magenschleimhaut, in den Zotten des Darmes bilden, sind aus äußerst zarten Häuten gewebt, und die darüber gezogene Decke von Zellen, welche die äußerste Lage der Zotten bildet, ist ebenfalls nur dünn und sehr porös. Je feiner aber eine die Endosmose vermittelnde Haut ist, desto schneller geht der Austausch zwischen zweien, dieselbe berührenden Flüssigkeiten vor sich.

Versuche der neuesten Zeit haben nachgewiesen, daß auch der Bau der Häute einen wesentlichen Einfluß auf die Schnelligkeit des Austausches in gewisser Richtung habe. Der Hauptstrom geht, wie schon oben bemerkt wurde, bei Auflösungen derselben Substanz von verschiedenem Dichtigkeitsgrade von der schwächeren Lösung nach der concentrirteren hin. Man hat nun bemerkt, daß in jeder Membran eine gewisse Richtung vorherrscht, nach welcher hin die Endosmose schneller und leichter vor sich geht. So hat man beobachtet, daß bei Anwendung der äußeren Haut der Austausch weit schneller und mit weit größerer Intensität vor sich geht, wenn die concentrirte Lösung auf der äußeren,

die schwächere auf der inneren sich findet, der Strom mithin von Innen nach Außen geht, als wenn der umgekehrte Fall eintritt; bei gewissen Schleimhäuten hat man bemerkt, daß der Strom leichter von Außen nach Innen geht. Das Leben selbst wirkt auf diese Stromrichtungen, so wie auf die übrigen Verhältnisse der Diffusion ein. Lebende Häute zeigen andere Resultate, als todte, vom Körper getrennte; der ausgeruhte Muskel nimmt nur gering Wasser auf; hat er sich aber müde gearbeitet, so zieht er bedeutend viel Wasser an, worauf zum Theile der Unterschied zwischen dem Fleische eines gehetzten oder in Ruhe transportirten Schlachtthieres beruhen mag.

Von bedeutendem Moment ist noch, wie man sich leicht denken kann, die Strömung und Bewegung der Flüssigkeit, und es kann dieselbe in der That manche andere bestimmende Momente der Stromesrichtung mehr oder minder bedeutend modificiren. Ruht eine Flüssigkeit, während eine andere an der trennenden Scheidewand sich hinbewegt, so wird die Tendenz des endosmotischen Stromes schon deshalb nach der bewegten Flüssigkeit gehen, weil stets neue Theile derselben mit der Scheidewand in Berührung kommen, und wenn die Geschwindigkeit bedeutend genug ist, um einer vollständigen Sättigung entgegen zu wirken, so wird auch die Aufnahme aus der ruhenden Flüssigkeit um so schneller vollendet sein. Die günstigsten Beziehungen dieser Art sind an dem Darm wie an der Lunge entwickelt, wo das in stetem Umschwunge befindliche Blut, in tausend Röhren vertheilt, schnell genug umhergetrieben wird, um die in den Hohlräumen der genannten Organe befindlichen luftförmigen oder flüssigen Massen als ruhend erscheinen zu lassen. Die Aufsaugung ist deshalb wesentlich in beiden Organen durch dies einfache Verhältniß der Blutgefäße begünstigt, und bei den Lungen ist diese Begünstigung noch größer, als bei dem Darme, weil die Blutgefäßmaschen in den Lungen außerordentlich eng, die Haargefäße selbst aber verhältnißmäßig weit und ihre Wände äußerst dünn sind. Es ist deshalb auch vollkommen gleichgültig, ob man eine Substanz, ein Gift z. B.,

direct in den Blutstrom oder in die Lungen spritzt, da die Aufsaugung in den Lungen in fast unmeßbar geringer Zeit geschieht. Es erklärt sich aber auch aus demselben Umstande, weshalb giftige Dämpfe und Gasarten, die der atmosphärischen Luft beigemengt sind und geathmet werden, so außerordentlich gefährlich sind und selbst in kleinen Mengen bedeutende Wirkungen auf den Organismus hervorbringen. Nicht minder erklärt sich aus der Einrichtung, die am Darme stattfindet, der Umstand, daß manche Beobachter bei lebenden Thieren keine Erscheinungen der Endosmose wahrnehmen konnten. Versuche dieser Art wurden in folgender Weise gemacht. Man öffnete die Unterleibshöhle eines lebendes Thieres, isolirte ein Stück Darm, in das man die wässerige Auflösung eines leicht erkennbaren Salzes spritzte, unterband das Darmstück auf beiden Seiten, so daß die Flüssigkeit nicht in den übrigen Darm eindringen konnte, und brachte Alles in die Bauchhöhle zurück. Nach einer halben Stunde etwa zog man die unterbundene Darmschlinge wieder hervor und untersuchte, ob die eingespritzte Flüssigkeit auf die Außenfläche des Darmes durchgedrungen sei. Man erhielt, wie sich von selbst versteht, ein negatives Resultat. Blutgefäße und Lymphgefäße hatten begreiflicher Weise das in die Darmhaut Eingedrungene fortgeschafft, da die Bewegung der in ihnen enthaltenen Flüssigkeiten in keiner Weise gestört worden war.

Betrachten wir den Darmkanal im Großen, so erscheint er als ein enges, in die Länge gezogenes Rohr, auf dessen innerer Oberfläche ein außerordentlicher Reichthum von Capillargefäßnetzen, so wie von Lymphgefäßen sich entwickelt hat. Das zu dem Darmkanale strömende Blut wird durch mehrere Zweige der großen Körperschlagader, der Aorta, geliefert; das von dem Darme zurückströmende Blut tritt in der Pfortader zu einem Stamme zusammen, um sich dann wieder in dem Haargefäßnetz der Leber zu verzweigen. Die Lymphgefäße, deren Endigungen in den Zotten der Darmschleimhaut wir oben kennen lernten, treten in einzelne Stämme zusammen, welche in den Lymphdrüsen des Gekröses sich knäuelartig verwickeln, dann aber ihren

Weg nach dem Milchbrustgange fortsetzen, der sich in die linke Schlüsselbeinvene ergießt. Alle diese Gefäße enthalten beständig Flüssigkeit; — die einen Blut, die anderen Milchsaft; ihre Wände sind aus feinen Häuten gewebt und demnach beständig von Flüssigkeit durchdrungen; die Schleimhaut des Darmkanals ist ebenfalls jederzeit mit Flüssigkeit getränkt; es muß also nothwendig ein steter Austausch von Stoffen zwischen den Blut- und Lymphgefäßen einerseits und dem Darmkanale andererseits Statt haben. Auf diese Weise kann man schon von vorn herein, nur aus der Kenntniß der anatomischen Anordnung des Ganzen, den Schluß ziehen, daß den im Darmkanale von Außen her aufzunehmenden Stoffen zwei Wege gegeben sind, um in die Blutbahn und zwar in das venöse Blut zu gelangen: ein directer, durch die Lymphgefäße, wo die Substanzen kein absonderndes Organ mehr durchlaufen und unmittelbar in die Venen ergossen werden, und ein längerer durch die Capillargefäße des Blutsystemes, welche erst als Pfortader in dem absondernden Organe der Leber sich verzweigen, ehe sie in die Hohlvene einmünden. Man hat den Haargefäßen lange Zeit hindurch alles und jedes Aufsaugungsvermögen abgesprochen und dasselbe lediglich den Lymphgefäßen vindicirt; — andere haben, durch die große Schnelligkeit, womit Stoffe in das Blut übergehen, überrascht, den Capillargefäßen und den Venen einzig und allein die Function der Aufsaugung zugesprochen und die Lymphgefäße als eine Art Luxusartikel in der thierischen Oeconomie betrachten wollen; — die Wahrheit liegt auch hier, wie so oft, in der Mitte, und es handelt sich nur darum, jedem dieser Gefäße die ihm zugehörige Rolle in der für die Existenz des Organismus so wichtigen Function der Aufsaugung nachzuweisen.

Die Lymphgefäße der höheren Thiere besitzen keinen solchen bewegenden Mechanismus, wie das Blutgefäßsystem; es existirt kein Herz in der ganzen Ausbreitung der Lymphgefäße, wodurch der Inhalt nach einer gewissen Richtung hin getrieben werden könnte. Bei den niederen Thieren verhält sich das anders; die Fische, die Amphibien, die Vögel besitzen contractile Lymph-

herzen, durch welche die Lymphe in die Venen übergetrieben werden kann. Bei den Säugethieren und dem Menschen fehlt ein solcher Apparat gänzlich, es müssen hier also andere bewegende Ursachen der Lymphe und des Milchsaftes aufgesucht werden. An der Thatsache des Strömens dieser Flüssigkeiten innerhalb der Lymphgefäße nach dem Milchbrustgange und der linken Schlüsselbeinvene hin kann nicht gezweifelt werden, und es ist leicht, sie in einem Versuche zur Anschauung zu bringen. Schon die Richtung der im Innern der Lymphgefäße angebrachten Klappen deutet darauf hin. Man kann die Lymphgefäße nicht vom Stamme aus gegen die Aeste hin einspritzen, wie etwa die Arterien; die im Inneren befindlichen Klappen stellen sich sogleich auf und verwehren der Flüssigkeit den Durchgang. Oeffnet man bei einem jungen, säugenden Thiere den Unterleib und breitet das Gekröse aus, um die Milchgefäße, welche vom Darme herkommen, in ihrer ganzen Ausdehnung überschauen zu können, so zeigen sich diese Lymphgefäße strotzend mit einem milchweißen Chylus erfüllt. Legt man einen Faden um eines derselben, so füllt sich die Strecke des Milchgefäßes zwischen dem Faden und dem Darm bis zum Bersten an, und bei einem Einstiche in das Gefäß spritzt der Inhalt im Bogen hervor, während von dem Faden weg nach dem Milchbrustgange hin das Gefäß sich nach der Unterbindung entleert hat. Derselbe einfache Versuch bringt aber noch eine andere Eigenthümlichkeit der Milchgefäße zur Anschauung, die nicht ohne Resultat für die Auffassung der in ihnen herrschenden Bewegung bleibt. Die Milchgefäße füllen und entleeren sich nämlich abwechselnd, wenn man sie in dem Gekröse eines lebenden Thieres betrachtet, und die darin enthaltene Flüssigkeit schiebt sich dadurch stets weiter und weiter vom Darme weg. Spürt man nun dem Rhythmus dieser abwechselnden Füllungen und Entleerungen nach, so ergiebt sich bald, daß derselbe mit den wurmförmigen, peristaltischen Bewegungen des Darmes in einem gewissen Zusammenhange steht. Einer jeden Zusammenziehung einer Darmstelle folgt die Anfüllung des Lymphgefäßes und eine beschleunigte Bewegung des

darin enthaltenen Milchsaftes; der Erschlaffung des Darmes folgt das Zusammensinken des Lymphgefäßes, das sich entleert, in sich zusammenfällt und enger in seinem Lumen wird, als es bei der Anfüllung im ausgedehnten Zustande war.

Wenn aber auch die Muskelbewegungen und der abwechselnde Druck zur Fortschaffung der Lymphe bedeutende Mithilfe leisten, so sind sie doch bei weitem nicht der einzige Factor derselben. Zwischen dem Inhalte der Lymphgefäße und den umgebenden Theilen muß eine beständige endosmotische Strömung stattfinden, deren Kraft, wie wir eben gesehen haben, eine bedeutende ist und die beständig in gleichem Maße fortdauert. Die sogenannte Rückenkraft ist es, welche die letzten Anfänge der Lymphgefäße füllt und auch in solchen Organen wirkt, wo die umgebenden Theile keinen Druck ausüben können, während da, wo dieser ausgeübt wird, derselbe eine bedeutende Mithilfe äußert. Die Lymphgefäße solcher Theile verhalten sich also etwa wie die Capillarröhren eines Badeschwammes, welchen man mit dem einen Ende ins Wasser taucht. Die Röhren saugen sich voll Wasser, das beim Zusammendrücken des Schwammes wieder hervorquillt; beim Nachlassen des Drucks wird sogleich wieder Wasser nachgesaugt. Bei den Lymphgefäßen findet nur der Unterschied Statt, daß hier durch den Bau und die Vereinigung der Kanäle dem Ausflusse eine bestimmte Richtung gegeben ist. Ein durch endosmotische Strömung an seinem peripherischen Ende angefülltes Lymphgefäß wird in seinem Verlaufe zusammengedrückt; die darin enthaltene Flüssigkeit wird durch diesen Druck in Folge der Klappenrichtung nach dem Stamme hin fortgeschoben. Läßt der Druck nach, so kann, der Klappen wegen, die Flüssigkeit nicht zurückströmen; sie sammelt sich hinter den Klappen an. Unterdeß füllt sich der entleerte Theil des Lymphgefäßes von Neuem und bei erneuertem Drucke wird die frisch aufgesaugte Flüssigkeit auch wieder weiter geschoben. Der Mechanismus der Lymphgefäße ist demnach einer Saugpumpe mit elastischen Röhren zu vergleichen, wo aber der hebende Zug des leeren Raumes durch einen activen, auf die Röhren selbst wirkenden Druck ersetzt ist.

Wie wir in einem früheren Briefe sahen, ist auch die Einwirkung der Galle auf die Darmzotten und deren Zusammenziehung bei der Füllung und Entleerung der Lymphgefäße in denselben sehr in Betracht zu ziehen.

Eine Menge alltäglicher und Jedermann bekannter Erscheinungen zeigen den Einfluß der Muskelzusammenziehungen auf die Bewegungen der Lymphe. Bei längerem Sitzen zu Pferde oder im Wagen schwellen die Beine wassersüchtig an durch Erguß von Flüssigkeit in das Zellgewebe. Active Bewegung der Glieder, Gehen zu Fuße ist das beste Mittel, um diese Anschwellung verschwinden zu machen, denn sie ist einzig und allein Folge der Bewegungslosigkeit, in welcher die Beine längere Zeit hindurch erhalten wurden. Das aus den Blutgefäßen in das Gewebe ausgeschwitzte Blutwasser, welches bei gewöhnlicher Bewegung von den Lymphgefäßen aufgesaugt und weggeschafft wird, sammelt sich jetzt in dem Gewebe an, da in Folge der Unthätigkeit der Muskeln die Bewegung in den Lymphgefäßen stockt — daher die wassersüchtige Anschwellung und ihre Heilung bei sofortiger Bethätigung der Lymphbewegung. Vielleicht, daß ein ähnliches Verhältniß in gewissen Krankheiten obwaltet, wo durch Lähmung des Nerveneinflusses die peristaltischen Zusammenziehungen des Darmes geschwächt und verlangsamt werden und als Folge dieser Lähmung des Haupthebels der Milchsaftbewegung dann allgemeines Sinken der Ernährung und des Auffaugungsprozesses eintritt.

Nur an den größten Lymphgefäßen und namentlich an dem Milchbrustgange beobachtet man ferner noch selbstständige Contractionen der Gefäßstämme, die zwar sehr langsam sind, aber doch beobachtet wurden an lebenden Thieren, und deren Vorhandensein auch dadurch wahrscheinlich wird, daß an dem Milchbrustgange ähnliche unwillkürliche, im Ring gelagerte Muskelfasern nachgewiesen werden können, wie an anderen contractilen Röhren. Die Bewegung der Lymphe ist demnach ein Resultat verschiedener Factoren, nämlich der durch die Endosmose gelieferten Rückenkraft, des durch die Zusammenziehung der umlie-

genden Theile ausgeübten Druckes, und endlich der von den Zweigen nach dem Stamme in der Richtung der Bewegung hin fortschreitenden selbstständigen Zusammenziehung der größeren Gefäße. Es kann demnach nicht Wunder nehmen, daß die Lymphe in den größeren Gefäßen stets unter einem gewissen Drucke steht und daß ein angefülltes Lymphgefäß, wenn es angestochen wird, ganz so im Strahle spritzt, wie eine Vene.

Die Aufsaugung durch die Capillargefäße des Blutsystems unterliegt Gesetzen, die zwar im Principe durchaus dieselben bleiben, deren Wirkung aber, durch die speciellen Verhältnisse der Haargefäße, sehr bedeutend modificirt ist. Das Blut, welches in den Capillaren circulirt, wird von dem Herzen aus in raschem Strome durch die feinen Maschen getrieben; eine Blutwelle drängt die andere und eine nach der anderen kommt in enge Wechselwirkung mit den aufsaugenden Stoffen. Im weiteren Laufe aber durchströmt das Blut die Leber, die Lungen und verschiedene andere Secretionswerkzeuge, ehe es wieder an die Stelle der Aufsaugung, das heißt zum Darmkanale zurückkommt. Die Blutwelle, welche schon einmal aufgesaugt hat, kann demnach auf ihrer Bahn sich aller aufgenommenen Stoffe entledigt haben und von Neuem zu endosmotischem Austausche fähig sein. Die Schnelligkeit, womit Flüssigkeiten in die Capillargefäße eindringen, ist nicht minder beträchtlich, als die Durchbringung der Lymphgefäße, denn die Häute beider sind gleich dünn und zart gewebt. Wenn aber dieses eine Moment der Aufsaugung dasselbe ist in beiden Arten von Gefäßen, so ist im Gegentheile die Schnelligkeit der Verbreitung der aufgesaugten Stoffe durch den ganzen Körper himmelweit verschieden. In den Lymphgefäßen wird nur langsam der Inhalt nach den Stämmen und dem Milchbrustgange hin geschoben, während die von den Blutgefäßen aufgenommene Substanz in wenig Minuten den ganzen Körper durchläuft, und entweder irgendwo verbraucht, oder von den Absonderungsorganen ausgeworfen wird.

Die Versuche, denen zu Folge man den Lymphgefäßen alle Aufsaugungsfähigkeit absprach, waren in so fern mangelhaft,

als man nicht gehörige Geduld hatte, abzuwarten, bis das bei der langsamen Bewegung der Lymphe nothwendig erst sehr spät sich zeigende Resultat eintrat. Dann aber berücksichtigte man auch den zweiten Factor der Lymphbewegung, die selbstständige Contraction der Gefäßwandungen, nicht genug und wählte Substanzen zu diesen Versuchen, welche auf diese Contractionen einen lähmenden Einfluß ausüben. Das Princip, nach welchem die Versuche angestellt wurden, war richtig; Vernachlässigung der Nebenumstände machte das Resultat fehlerhaft. Man stellte die Versuche nämlich in der Art an, daß man die zu einem Gliede oder isolirten Darmstücke gehenden Blutgefäße unterband und nun in eine Wunde oder in die Höhle des Darmes ein starkes narcotisches Gift, z. B. Strychnin oder Opium, brachte. So lange der Kreislauf in dem isolirten Körpertheile unterbrochen war, zeigten sich, auch nach stundenlangem Harren, keine Vergiftungserscheinungen; sobald man aber die Unterbindungsfäden löste und dadurch den Kreislauf wieder herstellte, zeigten sich auch die dem Gifte eigenthümlichen Wirkungen, indem dann das Gift in den Kreislauf und durch diesen zu den Centraltheilen des Nervensystemes gelangte. Ebenso erschienen Substanzen, die zwar nicht giftig wirkten, aber entweder durch ihre Farbe oder ihre Reaction sich leicht in kleinen Mengen auszeichnen, nach sehr kurzer Zeit in den Blutgefäßen und erst nach mehreren Stunden in der Lymphe der Stämme und des Milchbrustganges. Aus diesen Versuchen, deren Richtigkeit nicht angefochten werden kann, schloß man nun auf der linken Seite des Rheines etwas übereilt auf die totale Unfähigkeit der Lymphgefäße, Substanzen aufzusaugen, und läugnete somit die ihnen bisher zuerkannte Function, an deren Stelle man freilich keine andere zu setzen wußte. Indeß ging man hierin offenbar zu weit; man vergaß, daß nach Fütterung der Thiere mit gewissen Substanzen diese während der Verdauung in den Milchgefäßen nachgewiesen werden können; man vergaß, daß manche Gifte, und besonders thierische, offenbar durch die Lymphgefäße aufgesaugt werden, wie dies in solchen Fällen die nachfolgenden krankhaften Erscheinungen auf das

Ueberzeugendste darthun. Wie oft erfolgen nach Verwundungen, bei Sectionen faulender oder an bösartigen, zersetzenden Krankheiten verstorbener Leichname schmerzhafte Entzündungen, bei welchen die Lymphgefäße des verwundeten Theiles strangartig anschwellen, hart werden, und wo zuweilen die Entzündung sich in die benachbarten Lymphdrüsen fortsetzt und hier hartnäckige Eiterungen, nicht selten sogar den Verlust des Gliedes oder selbst allgemeine Vergiftung zur Folge hat! Die Vorsichtsmaßregeln gegen solche, leider nur allzu häufige Zufälle und ihre Folgen waren den Anatomen und Physiologen meistens aus eigener, schmerzhafter Erfahrung bekannt, und darum konnte auch die Lehre von der Unthätigkeit der Lymphgefäße sich keinen vollkommenen Beifall erringen. Die aus den Versuchen selbst aber gezogenen Schlüsse erhielten bald die bedeutendsten Modificationen. Die Farbestoffe, die Reagentien, die Nahrungssubstanzen waren stets einige Stunden nach der Aufnahme in den Körper auch im Laufe der Lymphgefäße nachgewiesen worden, und da man anatomisch erhärten konnte, daß keine Verbindung zwischen den Aesten und Zweigen der Lymphgefäße und den Blutgefäßen existirt, so war dadurch der Schluß gerechtfertigt, daß die Lymphgefäße zwar allerdings aufsaugen, aber im Verhältniß zu den Blutgefäßen nur sehr langsam. Daß narcotische Gifte gar nicht von ihnen aufgenommen werden, war um deswillen erklärlich, weil diese Gifte die Muskularzusammenziehung der Lymphgefäße bei örtlicher Application unmittelbar lähmen. Die Berührung dieser Gifte mit der inneren Haut der Lymphgefäße mußte mithin nothwendig die Bewegung in diesen Gefäßen selbst vernichten, indem sie ihre selbstständigen Zusammenziehungen lähmte. Noch mehr wirkte aber bei solchen Versuchen, wo man z. B. die Unterleibsaorta unterband und so den Blutlauf in den Hinterfüßen aufhob, die dadurch bewirkte Lähmung des Beines. Wenige Minuten nach dem Verschwinden des Blutlaufes ist die Extremität völlig gelähmt, bewegungslos und zugleich erkaltet sie nach und nach — wie soll da eine Fortbewegung der Lymphe Statt finden können?

Der Hauptunterschied zwischen den Lymph- und Blutgefäßen hinsichtlich der Aufsaugung beruht demnach in der verschiedenen Schnelligkeit, womit die Stoffe in denselben aufgenommen und weiter geführt werden. Damit ist aber auch zugleich ein fundamentaler Unterschied hinsichtlich der Natur dieser aufzunehmenden Substanzen selbst gegeben, und einzig aus diesem Umstande ist es erklärlich, warum die Blutgefäße hauptsächlich solche Stoffe aufsaugen, welche dem Körper in ihrer Zusammensetzung heterogen sind und die meist als fremde Stoffe wieder ausgeleert werden, während die Lymphgefäße die eigentlichen Kanäle zur Ueberführung der nährenden Substanzen sind, mögen nun diese von Außen her aufgenommen werden, wie es in dem Darmkanale der Fall ist, oder sich als Ueberschuß bildender Flüssigkeit in den Geweben des Körpers und dem Blute ausgeschieden haben.

Die in dem Darmkanal aufgenommenen Stoffe bilden dort einen Brei, in welchem hauptsächlich Faserstoff, Eiweiß, Fett, Zucker und stärkemehlhaltige Substanzen aufgelöst und mit mancherlei fremdartigen Bestandtheilen und mineralischen Salzen gemengt erscheinen. Dieser Brei ist in beständiger, vielseitiger Berührung mit der Schleimhaut des Darmes, in beständigem Austausche mit den Lymphgefäßen und den Capillarnetzen der Schleimhaut. Die erste Wirkung dieser Berührung wird sein, daß beide Flüssigkeiten sich auf einen gleichen Concentrationspunkt stellen, und das Blut entweder, wenn der Speisebrei weniger concentrirt ist, Wasser von ihm aufnimmt, oder aber, im entgegengesetzten Falle, Wasser an ihn abgiebt. Da wir meist mehr oder weniger feste Nahrung zu uns nehmen, so wird dadurch das Bedürfniß der Suppen und anderer flüssigen Gerichte, so wie die Nothwendigkeit des Trinkens über Tisch und während der Verdauung leicht erklärlich. Das Blut stellt aber eine Auflösung von Eiweiß und Faserstoff mit mehreren Salzen vor. Sobald der Speisebrei einen ihm gleichen Concentrationsgrad hat, wird weder Faserstoff noch Eiweiß, mithin keine unmittelbar nährende Substanz mehr vom Blute aufgenommen werden können. Fremdartige Stoffe dagegen, Zucker, stärkemehlhaltige

Substanzen und Salze werden durch schnellen Austausch in das Blut befördert und von diesem stets weiter geführt, so daß bedeutende Quantitäten solcher Stoffe aufgenommen werden können. Ihre Aufsaugung hört erst dann auf, wenn das Blut ebenso mit diesen Stoffen gesättigt ist, als die im Darme enthaltene Flüssigkeit; — ein Verhältniß, das um so seltener eintreten muß, als das Blut in den Secretionsorganen stets wieder eine Ablage für frembartige Stoffe besitzt. Die Aufnahme der direct nährenden Stoffe, der Blutbildner, ist demnach nur dann möglich, wenn ungleiche Concentrationsgrade zwischen dem Speisebrei und dem Blute bestehen, die aber bei der Schnelligkeit des Kreislaufes bald ausgeglichen sind.

Anders verhält es sich mit den Lymphgefäßen. Diese füllen sich mit derjenigen Flüssigkeit, welche die Darmschleimhaut und deren Gewebe tränkt. Ob diese Flüssigkeit aus dem Blute oder aus den frisch aufgenommenen Stoffen herstammt, ist völlig gleichgültig; — sie füllen sich damit und führen sie langsam in stetem Zuge in den Kreislauf über. Man kann sich in der That die Bildung des Milchsaftes eben so wohl als einen Act der Aufsaugung wie als einen Act der Absonderung vorstellen. Wir sahen oben, daß eine jede Darmzotte in ihrer Mitte einen Kanal enthält, der das blinde Ende eines Milchgefäßes ist, und daß dieser Kanal ringsum von den Netzen der Blutgefäße umsponnen ist, die ihrerseits nur von den Zellen des Epitheliums bedeckt sind. Vergleicht man diese Anordnung mit derjenigen der Drüsengänge, so sieht man, daß der Anfang des Milchgefäßes ganz vollkommen dem Anfange eines Drüsenkanales entspricht, der ebenfalls von Blutgefäßnetzen umsponnen ist. Hierzu kommt noch, daß der Milchsaft in ähnlicher Weise, wie alle anderen Drüsenabsonderungen, eine constante Zusammensetzung hat, die nur in engen Grenzen schwankt und nur hinsichtlich des mechanisch beigemengten Fettes Verschiedenheiten zeigt; ganz so wie z. B. der Harn eine constante Zusammensetzung gewahren läßt, die nur hinsichtlich der beigemengten, von außen eingeführten Salze wechselt. Die Rolle der Lymphgefäße ist nun diese. Bekommt

der Mensch keine Nahrung oder nur solche, welche kein Eiweiß, keinen Faserstoff enthält, so müssen diese Stoffe mit dem Blutwasser aus den Gefäßen treten, das Gewebe der Schleimhaut tränken und in den Bereich der Lymphaufsaugung fallen. Erhält der Organismus dagegen eine an blutbildenden Stoffen reiche Nahrung, so werden diese in dem Darmkanale aufgelöst um durch die von ihnen durchtränkte Schleimhaut den Milchgefäßen zugeführt werden. Bei hungernden, wie bei wohlgefütterten Thieren wird daher der Chylus und die Lymphe einen etwa gleichen Gehalt an blutbildenden Stoffen bieten, denn die tränkende Ernährungsflüssigkeit bleibt in beiden Verhältnissen etwa dieselbe hinsichtlich ihrer Zusammensetzung. Daß aber andere fremdartige Substanzen nur in sehr geringer Menge in den Chylus und die Lymphe aufgenommen werden, dieses ist leicht aus der Schnelligkeit ihrer Wegschaffung mittelst der Blutgefäße erklärlich. Bis nur eine einigermaßen bemerkliche Quantität dieser Stoffe in der trägen Bewegung der Lymphe fortgerückt und nach den Stämmen hin bewegt ist, haben die Blutgefäße schon die ganze Masse des fremden Stoffes aufgeräumt.

Als Resultat unserer Untersuchungen über die Aufsaugung bleibt demnach festgestellt: die Lymphgefäße sind die beständige, stete Zufuhrquelle der blutbildenden Bestandtheile und des Fettes, die Blutgefäße dagegen der Aufsaugungsapparat für alle in ihrer Zusammensetzung dem Blute selbst noch fremdartigen Stoffe. Es stimmt dies Resultat, wie man sieht, vortrefflich mit der anatomischen Einrichtung, welche das von dem Darme kommende Blut erst durch den Läuterungsapparat der Leber gehen läßt, während die durch die Milchgefäße zugeführten Bestandtheile unmittelbar in den Strom der Circulation ergossen werden.

Achter Brief.

Die Ernährung.

Vor länger als zweihundert Jahren erschien in Venedig ein Buch, betitelt: de medicina statica aphorismi. Dem Titelblatte gegenüber sah man „in Holzschnitts-Gloria" den Verfasser, den ehrwürdigen Sanctorius, wie er auf einer Wage saß, die zugleich sein Studirzimmer, Schlafkabinet und heimliches Gemach war. Monate und Jahre lang saß so der würdige Doctor auf seiner Wage und erzählte nachher der gelehrten Welt, wie viel an Nahrungsmitteln er eingenommen, wie viel an sichtbaren Auswurfsstoffen, Koth und Harn er davon wieder ausgegeben, und wie viel in luftförmiger Gestalt durch Athmung und Ausdünstung von ihm gegangen sei. Es war ein erster Versuch, wie man sieht, über die Oeconomie des Körpers doppelte Buchhaltung zu führen; — ein Versuch, der sich freilich nur auf die Bilanz der Kasse beschränkte, auf Einnahme und Ausgabe, die ganze verwickelte innere Geschäftsführung aber gänzlich außer Augen ließ. Merkwürdig aber ist es, daß schon in so früher Zeit, beim ersten Wiedererwachen der Wissenschaften in Italien, Versuche angestellt wurden, welche auf der Erkenntniß beruhten, daß die Materie überhaupt unzerstörbar sei, und daß in dem Körper weder Neubildung noch Zerstörung, sondern nur Umsatz und Umgestaltung des Stoffes stattfinde.

Von Zeit zu Zeit wurden Versuche ähnlicher Art wiederholt, je nachdem das Bedürfniß der fortschreitenden Wissenschaft sie nöthig machte. Man suchte mehr und mehr die Fehlerquellen

zu vermeiden und den Versuch selbst auf sichere Grundlagen zu stellen. Vergleichende Versuche mit Thieren, bei welchen man die äußeren Umstände mehr in der Gewalt hat, dienten zur Controlirung dieser Versuche, die freilich keine tiefere Einsicht in den Stoffwechsel selbst geben können, wohl aber eine allgemeine Uebersicht gestatten, die zur Benutzung anderer Kenntnisse nützliche Fingerzeige giebt.

Betrachten wir zuerst die allgemeinen Bedingungen, welche solchen Untersuchungen zu Grunde liegen. Bei der Athmung wird Sauerstoff aufgenommen; die Einnahmen bestehen demnach aus Speise und Trank und aus einer gewissen Menge Sauerstoff, der aus der Atmosphäre eingeführt wird. Die Menge des eingenommenen Sauerstoffes kann indessen geradezu vernachlässigt werden, da derselbe, wie wir oben bei der Athmung gesehen haben, in Form von Kohlensäure wieder aus dem Körper austritt und für ein Volumen Sauerstoff ein Volumen Kohlensäure eingetauscht wird. Die Einnahmen bestehen demnach lediglich aus sichtbaren, unmittelbar wägbaren Stoffen, aus den Speisen und Getränken. Nicht so verhält es sich mit den Ausgaben, welche man in zwei Reihen vertheilen kann: die sichtbaren Ausgaben bestehen aus Harn und Koth; die unsichtbaren, welche sowohl durch die Athmung wie durch die Hautausdünstung geliefert werden, bestehen hauptsächlich aus Kohlensäure und Wasserdampf. Da es für den Zweck dieser Berechnungen völlig gleichgiltig ist, von welchem Organe diese Ausgaben geliefert werden, und wie wir gesehen haben eine gewisse Wechselwirkung zwischen den Lungen und der Haut besteht; so faßt man die unsichtbaren Ausgaben durch Haut und Lunge gewöhnlich unter dem Ausdrucke der Perspiration zusammen. Die meisten früheren Versuche wurden von einem kleinen und hageren Manne angestellt, der nur 56 Kilogramm (112 Pfund) wog. Die Summe der täglichen Ausgaben betrug hierbei etwa 5¾ Pfund, also $^1/_{20}$ des Körpergewichtes, und von diesen Ausgaben gehen auf den Urin beinahe $^3/_5$ (57 bis 61 pCt.), auf die Perspiration $^1/_3$ (33 bis 38 pCt.) und auf den Koth $^1/_{20}$ (4 bis 6 pCt.). Auf

den ersten Blick scheint dies Verhältniß nicht mit der gewöhnlichen Erfahrung übereinzustimmen, indem wir den Koth, dessen Ausleerung allerdings mehr Umstände verursacht, als die des Harns, gewöhnlich als den bedeutendsten Auswurfsstoff ansehen. Seine Menge steigt in der That ein wenig bei größerer Einnahme, indessen doch nicht bedeutend, und da auch die absolute Menge des Harnes in einem solchen Falle steigt, so bleibt auch das relative Verhältniß etwa dasselbe. Man sieht aber hieraus, wie sehr Recht ein Beobachter hatte, wenn er bei einer Berechnung der körperlichen Einnahmen und Ausgaben einer Compagnie Hessischer Soldaten die von denselben gelieferte Kothmenge mit dem Werthe der außerhalb der Menage in Wirthshäusern und bei geliebten Köchinnen verzehrten Nahrungsmittel balancirte. Die väterliche Fürsorge der Regierungen für den bewaffneten Kern der Nation hat es schon dahin zu bringen gewußt, daß der Werth von Wurst, Bier und Branntwein nicht schwer in die Wagschale fällt.

Das Verhältniß bleibt bei den Thieren dasselbe wie bei dem Menschen. Ueberall ist die Kothausgabe verhältnißmäßig die unbedeutendste, und es ergiebt sich schon aus dieser einfachen Betrachtung, wie sehr Unrecht wir thun, wenn wir bei Ansammlung der zur Düngung dienenden Producte des Thierreiches die wässerigen Ausleerungen vernachlässigen. Es ist leicht nachzuweisen, daß das Abführen der Cloaken in fließendes Wasser der menschlichen Gesellschaft mehr Stoff entzieht, als das Mißrathen einer Erndte.

Das gegenseitige Verhältniß der Ausgaben wechselt außerordentlich, je nach verschiedenen Nebenumständen. Alle Bedingungen, welche die Athmung beschleunigen oder hinterhalten, erhöhen oder erniedrigen in derselben Weise die Ausscheidung der Kohlensäure, deren Verhältniß zu den übrigen Ausgaben deshalb im Schlafe am geringsten, nach der Mahlzeit oder bei anhaltender Bewegung am größten ist. Das Wasser in Schweiß und Harn steht in beständigem Wechselverhältniß zu einander, wodurch die unmerklichen Ausgaben so veränderlich werden, daß sie bis

zum Fünffachen sich erhöhen können. Bei ruhigem Sitzen verlor ein Beobachter in der Stunde vor Tische, wo er hungerte, 30 Gramm, während er beim Bergeklettern und starkem Schwitzen 133 Gramm in derselben Zeit durch Athmung und Ausdünstung verlor. Nicht minder wirkt die Temperatur ein, und im Winter verliert man deshalb bedeutend mehr durch die merklichen Ausleerungen, während im Sommer das umgekehrte Verhältniß stattfindet. Durch vergleichende Wägungen ergab sich ferner, daß das Gefühl des Hungers und der Ermüdung mit dem Maximum der zwischen den Mahlzeiten stattfindenden Gewichtsabnahme des Körpers, das Gefühl der Sättigung und der behaglichen Zufriedenheit mit der Wiederherstellung des Körpergewichtes zusammenfiel; eine schöne Bestätigung des Sprichwortes, welches mein Großvater im Munde zu führen pflegte: „Ein satter Mensch — ein schöner Mensch!“ Es ergab sich ferner, daß die Perspiration bei Tage viel größer war, als bei Nacht, daß mechanische, wie geistige Arbeit sie beträchtlich erhöhte und daß die Menge des Harns fast stets größer ist, als diejenige der eingenommenen Getränke; ein Beweis dafür, daß das mit den übrigen Nahrungsmitteln eingeführte Wasser seinen Beitrag zur Harnbildung liefert.

Während der größten Zeit seiner Existenz bleibt der Mensch etwa auf demselben mittleren Körpergewicht stehen, geringere Schwankungen abgerechnet, die sich meistens schon im Laufe mehrerer Tage ausgleichen. In der Jugend dagegen nimmt der Körper täglich zu, sein Gewicht steigert sich bis zum vollendeten Wachsthum, es muß demnach ein Mißverhältniß zwischen Einnahmen und Ausgaben zu Gunsten der ersteren stattfinden. Umgekehrt verhält es sich im Alter, wo die Ausgaben überwiegen, der Körper allmählich von seinem Gewichte zurücksinkt und das Leben endlich unter diesen ungünstigen Bedingungen erlischt.

Dasselbe Ueberwiegen der Ausgaben gegen die Einnahmen führt das Erlöschen des Lebens beim Hungern oder bei unzweckmäßiger Nahrung herbei. Man hat Gelegenheit gehabt, bei Unglücksfällen, wie z. B. auf Schiffen oder bei Verschüttungen,

wo das Athmen möglich blieb, die Erscheinungen zu beobachten, welche bis zum Hungertode auftreten. Sie beruhen einerseits auf gänzlicher Abmagerung, d. h. auf gänzlichem Verbrauche des Fettes und dann auch der übrigen Organe, andererseits auf Krankheitserscheinungen, die erst in Ueberreizung, dann in Apathie ihren Grund haben. Bei gänzlicher Entziehung von flüssigen wie festen Nahrungsmitteln treten zuerst Entzündungserscheinungen in Mund und Rachen auf, bedingt durch die Austrocknung der ausdünstenden Theile. Diese Erscheinungen steigern sich zu wirklichen Entzündungen im Magen und Darm, womit außerordentliche Aufregung des Nervensystemes verbunden ist. Während dieses Zeitraumes sind die Ausgaben verhältnißmäßig am geringsten, indem das ganze Spiel der Organe darauf berechnet ist, auf eigene Kosten hauszuhalten. Dann kommt die Periode der Erschlaffung. Die anfänglich oft bis zum Wahnsinn gesteigerte Hirnreizung geht in Stumpfsinn und Schlafsucht über; der anfangs harte, zusammengezogene und schnelle Puls wird langsam und schleichend; die Wärme nimmt ab; — und so erlischt endlich unter stetem Sinken aller Functionen das Leben. Daß die Ausgaben im Allgemeinen bedeutend sinken, kann man schon daraus erschließen, daß im normalen Zustande dieselben bedeutend genug sind, um in 20 Tagen etwa so viel zu betragen, als das Gesammtgewicht des Körpers ausmacht, während doch Beispiele vorliegen, daß die gänzliche Entziehung aller Nahrung einige Tage länger als drei Wochen ertragen wurde, während welcher Zeit bei normalen Ausgaben der ganze Körper hätte aufgebraucht werden müssen. Im Ganzen hat man bemerkt, daß ein Säugethier dem Hungertode erliegt, wenn es etwa $^2/_5$ seines Körpergewichtes verloren hat, daß aber junge Thiere bei weitem früher erliegen, als erwachsene. Hunde von 4 Tagen starben schon nach 2 Tagen am Hungertode, während sechsjährige Hunde noch am 30. Tage lebten. Bei einer Vergleichung des Verlustes der verschiedenen Organe durch den Hungertod fand sich das merkwürdige Resultat: daß das Fett fast gänzlich bis auf sehr geringe Spuren aufgezehrt wird, das Centralnervensystem da-

gegen, obgleich wesentlich aus Fett bestehend, den allergeringsten Verlust erleidet — selbst weniger als Knochen und Knorpel, die doch dem ersten Anschein nach einen bedeutenderen Widerstand entgegensetzen mußten. Sehr leicht begreiflich ist es, daß diejenigen Organe, welche mit Blut besonders aufgeschwemmt sind, wie Leber, Milz und auch das Blut selbst, durch Verdunstung und Verringerung der Blutmasse einen wesentlichen Verlust erleiden, während Nieren und Lungen, die ihrer Function gemäß beständig durchtränkt sind, weit geringere Verluste erdulden. Die Muskeln stehen etwa in der Mitte; sie verlieren bis zum völligen Hungertode nicht ganz die Hälfte ihres Gewichtes.

Es geht aus diesen Untersuchungen klar hervor, daß der Lebensproceß des Organismus zugleich ein beständiger Zerstörungsproceß ist, und daß das thierische Leben nur möglich ist durch die Zufuhr von Außen. Das ganze Leben beruht nur auf der Außenwelt — die vegetative Seite auf der Zufuhr von Außen, die animalische auf den Eindrücken von Außen — weder auf materiellem, noch auf geistigem Gebiete (wenn man beide unstatthafter Weise trennen will) schafft das organische Leben etwas Neues, sondern wandelt nur das Gebotene und Aufgenommene in neue Form. Die Maschine eines jeden thierischen Organismus ist so eingerichtet, daß sie sich selbst beständig zerstört, und eben so gut wie das Leben zu Grunde gehen muß, wenn die durch den Stoffwechsel geschaffenen Zerstörungsproducte nicht aus dem Körper geschafft werden, eben so gut geht es auch zu Grunde, wenn ihm die Stoffe nicht geboten werden, die das Zersetzte wieder zu erneuern im Stande sind. Darum kann es auch nicht auffallen, wenn jede einseitige Nahrung, die nicht im Stande ist, sämmtlichen Ausgaben des Körpers zu genügen, eben so sicher zum Tode führt, als die Entziehung der Nahrung selbst. Man hat den Versuch gemacht, Tauben so zu ernähren, daß ihnen zwar alle Stoffe geboten wurden, welche zur Erhaltung der organischen Bestandtheile ihres Körpers nöthig waren; daß aber alle anorganischen Substanzen, Salze, Kalk

u. s. w. gänzlich aus dieser Nahrung entfernt waren. Die Tauben starben, freilich nach verhältnißmäßig längerer Zeit, mit allen Erscheinungen des Hungertodes, und nach dem Tode fand man ihr Skelett knorpelig erweicht, stellenweise durchlöchert, seiner festen Bestandtheile theilweise beraubt. Hunde, die man mit reinem Faserstoffe oder reinem Eiweiß nährte, starben am Hungertode, der freilich deswegen länger hinausgeschoben wurde, weil das im Organismus befindliche angehäufte Fett, das nach und nach in den Verbrauch gezogen wurde, die mangelnde Zufuhr von Fettbildnern eine Zeit lang ersetzte. Hunde endlich, die mit reinem Fett, mit Stärke, Zucker, Gummi oder anderen Fettbildnern ernährt wurden, starben ganz in derselben Zeit, wie wenn man ihnen alle Nahrung entzogen hätte. Ein Beispiel dieser Art ist auch von dem Menschen bekannt. Der englische Arzt Stark machte Versuche über die Nährkraft des Zuckers an sich selbst, und es gelang ihm, sich durch reine Zuckernahrung so weit dem Tode entgegen zu führen, daß, als sein Zustand bekannt wurde, keine Rettung mehr möglich war.

Aus diesen Beobachtungen schon geht hervor, daß der Körper verschiedenartige Stoffe erhalten muß, deren Gesammtmenge gewissermaßen die Gesammtzusammensetzung des Körpers wiederholt, in der Weise, daß bei gleich bleibendem Körpergewichte die Ausgaben durch die Einnahmen gedeckt werden. Könnten wir diesen Ersatz so einrichten, daß gerade diejenigen Gewebe, die wir verbrauchen, uns in derselben Menge geboten würden, und zwar in aneignungsfähigem Zustande — keine Frage, daß das Leben des Individuums unendlich dauern müßte. Der Grund des nothwendigen Todes liegt in der steten Selbstzerstörung des Organismus, dessen Verluste wir nicht unmittelbar und nicht in vollkommen geeigneter Weise ersetzen können, beruht aber nicht in irgend einem mysteriösen inneren Verhältnisse. Es kann demnach auch keine Frage sein, daß bei annähernd richtigem Ersatze des Verlustes die Lebensdauer des Individuums nicht nur, sondern auch die mittlere Lebensdauer der menschlichen Gesellschaft überhaupt verlängert werden könne — daß also Ver-

besserung des materiellen Zustandes, der Volksernährung, auch das Leben des Volkes im Ganzen kräftigen und verlängern müsse. Um aber zu einer Lösung der so gestellten Frage zu gelangen, von welcher in letzter Instanz Wohl und Wehe der ganzen menschlichen Gesellschaft abhängt, muß man dieselbe in ihre Elemente zerlegen. Man muß sich die Frage stellen, welches denn die Stoffe seien, die aus dem Körper als letzte Producte des Stoffwechsels ausgeführt werden, in welcher Quantität diese Stoffe den Körper verlassen und welche Mengen davon zum Ersatze dieses Verlustes nöthig seien. Man mußte sich nun sagen, daß allerdings das Endresultat aller chemischen Operationen im Körper darin bestehe, daß neben einer gewissen Quantität von Kohlensäure und Wasser als letzter Verbrennungsproducte eine stickstoffreiche Substanz, der Harnstoff, abgeschieden werde, und daß somit die sämmtlichen Ernährungserscheinungen zuletzt darin ihr Ende finden, daß eine gewisse Quantität des eingeführten Kohlenstoffes und Wasserstoffes verbrannt, eine geringere verhältnißmäßige Menge aber mit der ganzen Menge des Stickstoffes in Form von Harnstoff ausgeschieden werde. Die Menge der abgesonderten Kohlensäure, Wasser und Harnstoff war also in letzter Potenz das Maß des Stoffwechsels und das Maß der Nothwendigkeit für die Einführung einer entsprechenden Menge von Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Sauerstoff. Da nun der Harnstoff stets genau dieselbe Zusammensetzung hat und offenbar ein Product des Umsatzes der blutbildenden Stoffe ist, so glaubte man weiter schließen zu dürfen, daß der Stickstoffgehalt der Ausscheidungen überhaupt den Maßstab für die Stoffumsetzung der blutbildenden Bestandtheile des Körpers gebe, und daß demnach der Werth der Einfuhr für die Ernährung der größeren Masse des Körpers, die ja aus eiweißartigen Körpern zusammengesetzt ist, nach dem Gehalte an Stickstoff berechnet werden könne.

Man hat dieser Betrachtungsweise mit Recht vorgeworfen, daß sie auf ganz falschen Grundlagen basirt sei, und daß man namentlich daraus keinen Rückschluß auf die im Körper statt-

findenden Vorgänge machen könne. Man kann keine Vorstellungen haben von den Arbeiten, die in einem chemischen Laboratorium vorgenommen werden, sagte man, wenn man auch weiß, wie viel Pfunde Wasser, Schwefelsäure, Kohle, Pottasche, Kalk durch die Thüre eingetragen, und wie viel Pfunde Kohlensäure und Wasser durch den Schornstein, wie viel an Wasser und an anderen Stoffen durch das Kehrichtfaß entleert werden. Dies ist vollkommen richtig, aber nichts desto weniger haben Betrachtungen dieser Art dennoch einen gewissen Werth, wenn sie sich auf ein Laboratorium beziehen, das nur bestimmte Producte liefert und nur bestimmte Producte verarbeitet. Der Chemiker, der einer Schwefelsäurefabrik vorsteht, giebt sich vollkommene Rechenschaft über den Gang derselben, wenn er weiß, wie viel Schwefel, Salpeter und Brennmaterial verbraucht und wie viel Schwefelsäure erzeugt wurde. Wir haben aber aus der Betrachtung der Nahrungsmittel gesehen, daß der Körper im Ganzen nur mit wenigen Stoffen arbeitet, die ihm in den Nahrungsmitteln geboten werden, und daß er ebenso nur wenig, in ihrer Zusammensetzung stets gleich bleibende, Substanzen ausscheidet. Wenn zwei als Nahrung angebotene Substanzen denselben Blutbildner enthalten, so wird ihr Stickstoffgehalt proportional sein der Menge dieses Blutbildners, und demnach auch im Verhältniß stehen zu dem Werthe, welchen sie für die Ernährung der eiweißartigen Stoffe des Körpers haben.

Es mußte begreiflicher Weise interessiren, zu wissen, welches das durchaus nothwendige Maß von verschiedenen Stoffen sei, die dem Menschen geboten werden müssen, damit er sein Leben erhalte. Da Arbeit das Loos des gewöhnlichen Menschen ist, diese aber, sei sie nun geistig oder mechanisch, die Ausgaben des Körpers bedeutend erhöht; da ferner die individuellen Verhältnisse bedeutende Abweichungen gestatten, so wandte man sich bei Bestimmungen dieser Art vorzugsweise an solche Klassen der Gesellschaft, welche, wie Soldaten, Sträflinge oder Eisenbahnarbeiter, eine regelmäßige Beschäftigung bei wenig wechselnder

Nahrung zeigen, also die günstigsten Verhältnisse zu wenig verwickelten Untersuchungen bieten. Die Untersuchung selbst kann man auf zweierlei Weise anstellen: indem man entweder aus der Menge der Ausscheidungen die nothwendige Größe der Einnahme berechnet, oder aber, was weit leichter ist und auch zu genaueren Resultaten führt, die Menge der eingenommenen Nahrungsmittel berechnet. Man kann nicht leugnen, daß die bei verschiedenen Völkern und in verschiedenen Verhältnissen gewonnenen Resultate bedeutend abweichen, daß sich indeß doch daraus ein Mittel finden läßt, welches etwa ein Normalmaß giebt, dessen einzelne Posten in gewissen Gränzen variiren können. Nach Moleschott's Berechnungen müßte das tägliche Kostmaß eines kräftig arbeitenden Mannes von mittlerer Größe und Gewicht durchschnittlich betragen:

an eiweißartigen Stoffen	130	Gramm
„ Fett	84	„
„ Fettbildnern . . .	404	„
„ Salzen	30	„
„ Wasser	2800	„
Summe	3448	Gramm.

Im Ganzen würden diese Substanzen enthalten: 20,2 Gramm Stickstoff und 320 Gramm Kohlenstoff, so daß also das Verhältniß beider Stoffe sich stellte, wie 1 : 15,5.

Ein neuerer Beobachter von 74 Kilogramm Körpergewicht kam mit etwas weniger gut aus. Er ernährte sich während einer Woche, wo sein Körpergewicht gleich blieb, er also seine Ausgaben vollständig bestritt, in der Weise, daß er vollkommen von seinem Fette befreites Fleisch in Schmalz braten und dazu aus gewogenen Quantitäten von Schmalz, Stärke, Eiweiß und Salz einen bairischen „Schmarren" machen ließ, wozu er Butterbrod aß und Wasser trank.

Er verzehrte täglich,		welche enthielten:	Stickstoff	Kohlenstoff
250	Gramm	Fleisch	8,5 Gramm	31,8 Gramm
400	„	Brod	5,1 „	97,44 „
70	„	Stärke	0 „	26,05 „
70	„	Eiweiß	1,52 „	5,99 „
70	„	Schmalz . . .	0,1 „	67,94 „
30	„	Butter . . .		
10	„	Salz	0 „	0 „
2100	Cubikcentimeter	Wasser . .	0 „	0 „
900	Gramm	Substanz	15,22	229,22

Das Verhältniß des Stickstoffes zum Kohlenstoff beträgt hier genau 1 : 15.

Der Mann gab täglich aus:	Stickstoff	Kohlenstoff
Im Harne	14,84	6,52
Im Koth	1,12	10,6
In der Perspiration	0	207,0
	15,96	224,12

Innerhalb der Fehlergränzen, welche solche Versuche immer haben müssen, da die organischen Analysen der Stoffe nur an sehr kleinen Mengen vorgenommen werden, die Fehler also bei der Uebertragung auf größere Massen bedeutend vergrößert werden, ist also hier Einnahme und Ausgabe vollkommen balancirt. Hiernach berechnet derselbe Beobachter die für einen erwachsenen Mann nöthige Nahrungsmenge etwas abweichend von Moleschott:

Eiweißartige Stoffe	100	Gramm
Fett	100	„
Fettbildner . . .	240	„
Salz	25	„
Wasser	2600	„
Summe	3065	Gramm.

Es ist indessen nach den oben dargestellten Verhältnissen der Nahrungsmittel klar, daß z. B. Fett und Fettbildner vielfach in ihrem Verhältnisse zu einander wechseln können, ohne daß das

Resultat der Ernährung selbst dadurch beeinträchtigt wird. Wollen wir aber den Werth einer Ernährung des Volkes z. B. bestimmen, so können wir uns nicht allein an das hier gegebene Normalmaß halten, sondern müssen berücksichtigen, daß alle Nahrungsmittel sehr verschiedenartig zusammengesetzte Substanzen sind, noch obenein in sehr verschiedenen Graden der Löslichkeit, die ein wesentliches Moment für den Werth eines Nahrungsmittels überhaupt giebt. Frisches Buchenholz enthält fast genau die nämliche Menge von Eiweißstoffen und blutbildenden Bestandtheilen, als Reis, und es wird dennoch keinem vernünftigen Menschen einfallen wollen, Reisbrei durch geraspeltes Buchenholz zu ersetzen. In dem einen sind die Bestandtheile leicht löslich, in dem andern durch Umhüllung mittelst Holzfaser gänzlich unlöslich. Deshalb bestanden wir auch bei der Untersuchung über die Nahrungsmittel zu wiederholten Malen auf der Nothwendigkeit der Zuführung gemischter Nahrungsmittel in bestimmter, möglichst löslicher Form, welche in dem Körper durch verschiedene Metamorphosen ihrem endlichen Ziele entgegen geführt werden. Alle diese einzelnen Veränderungen umfaßt der Ernährungsproceß im Ganzen. Er resumirt gewissermaßen die ganze vegetative Seite des thierischen Lebens, und wenn wir ein Bild desselben aufzurollen versuchen, so setzt sich dieses aus den einzelnen Thatsachen zusammen, deren wir oben erwähnten.

Eine der ersten Fragen, die sich aufwirft, ist die: Giebt es Substanzen, welche, wenn gleich in die Circulation aufgenommen, dennoch nicht zum Ersatz verbrauchter Körperbestandtheile verwendet, sondern durch unmittelbare Verbrennung aus dem Körper wieder ausgeschieden werden? Man könnte sich den Körper des Erwachsenen als eine gegebene Masse von bestimmter Zusammensetzung und Gewicht vorstellen, welche den zerstörenden Einflüssen der Außenwelt und besonders der Oxydation durch den Sauerstoff der eingeathmeten Luft, entzogen werden soll. Wäre diese Körpersubstanz etwas unwandelbar Gegebenes, Unveränderliches, so könnte der Zweck einfach dadurch erreicht werden, daß man überall die Gewebe vor dem Einflusse des einwirkenden

Sauerstoffes schützte, indem man diesen vorher durch Zuführung fremder Stoffe bände, die auf seine Kosten verbrennten. Alle eingeführten Nahrungsmittel wären, von diesem Gesichtspunkte aus betrachtet, Athemmittel, oder, besser gesagt, Ausgabemittel, d. h. Substanzen, bestimmt die Ausgaben des Körpers zu decken, ohne daß der Capitalstock der vorhandenen Körpersubstanz angegriffen würde.

Man sieht auf den ersten Blick, daß eine solche Ansicht der Natur nicht entsprechen würde, und daß der Physiologe Recht hatte, welcher bei dem Anblicke einer auf solche Grundlagen gestützten chemischen Rechnung über die Ernährung der Schlangen ausrief: Wenn das richtig ist, so hat die Natur den Schlangen den After nur zur Zierde gegeben! Man sieht im Gegentheile ein, daß vielmehr die eingenommenen Substanzen, wenigstens ihrem größten Theile nach, zum Wiederaufbau der zerstörten Körpersubstanz benutzt werden müssen; daß demnach die tägliche Einnahme nicht der gleichzeitigen Ausgabe entspricht, sondern, um mich des Bildes weiter zu bedienen, eine Zeit lang in Cassa bleibt, bis eine spätere Ausgabe aus ihr hervorgeht. Nichts desto weniger ist es dennoch wahrscheinlich, daß ein bedeutender Bruchtheil der eingenommenen Substanzen unmittelbar, ohne zum Wiederaufbau der Gewebe benutzt zu werden, durch Verbrennung wieder ausgestoßen wird. Wir erwähnten oben der exceptionellen Stellung der Leber, aus der uns der Schluß hervorging, daß ein Theil der Galle in der Leber selbst gebildet werde. Wir fanden, daß ein großer Theil der in den Darm ergossenen Galle nicht entleert, sondern wieder in den Blutstrom aufgesaugt wird. Wir erwähnten besonders noch der Zuckerbildung, deren Sitz die Leber ist, und wir zeigten, daß dieser Zucker, den die Lebervenen in den allgemeinen Blutstrom überführen, in der Lunge wieder verschwindet. Diese Thatsachen bieten offenbar einen sicheren Haltpunkt und weisen auf das Ueberzeugendste nach, daß ein gewisser Bruchtheil der eingenommenen Substanzen, ohne eine Zwischenformung in den Geweben durchzumachen, eine rein chemische Metamorphose in dem Kreislaufe erleidet und nach dieser Meta-

morphose ausgeschieden wird. Wahrscheinlich ist es, daß bei Pflanzenkost und gemischter Nahrung diese chemische Umwandlung nur die mit dem Zucker zunächst verwandten Stoffe, die stärkemehlartigen Substanzen, betrifft. Die Möglichkeit aber, daß auch eiweißhaltige Substanzen in solcher Weise als Schutzmittel gegen den Eingriff des Sauerstoffes verwendet werden können, läßt sich von vornherein durchaus nicht abweisen. Leider besitzen wir noch kein Maß, um die Menge des auf diese Weise unmittelbar verbrannten Zuckers, also den Bruchtheil der als Schutzmittel verwendeten Nahrung, bestimmen zu können. Und wenn man auch behaupten könnte, daß die Menge der abgesonderten Galle ein solches Maß zu liefern im Stande sei, so müßte doch eine solche Behauptung genauer erhärtet werden. Es ist wahrscheinlich, daß im gesunden Zustande dieses Maß ein bestimmtes ist, welches im Verhältniß zu der Körpermasse steht und nur geringen Schwankungen unterworfen ist. Jedenfalls bildet es aber einen großen Theil des wirklichen Umsatzes der eingenommenen Nahrungsmittel, während der kleinere Theil derselben zum Wiederaufbau der abgenutzten Körpersubstanz verwendet, und, wenn Ueberschuß vorhanden ist, als Reservefonds in der Gestalt von Fett niedergelegt wird.

Schon oben machten wir darauf aufmerksam, daß in allen Flüssigkeiten des Körpers, in allen seinen Bestandtheilen desselben auch dann noch Fett enthalten ist, wenn dasselbe nicht in besonderer Form nachweisbar ist. Dieses chemisch gebundene Fett, welches einen integrirenden Bestandtheil speciell morphologisch ausgebildeter Gewebe macht, bildet natürlich eine constante Größe, die im Verhältniß zu der Masse dieser Gewebe steht, und die, wie wir aus den Resultaten der Versuche über das Verhungern sahen, mit äußerster Hartnäckigkeit der Verzehrung widersteht. Anders verhält es sich mit demjenigen Fette, welches in eigener Form, in Gestalt von Bläschen, die mit Zellhüllen umgeben sind, in den Zwischenräumen der Gewebe und namentlich unter der Haut, in dem Gekröse und den Netzen, sowie zwischen den Muskeln abgelagert ist. Die Menge dieses Fettes bildet eine

äußerst variable Größe. Sie steigt mit dem übermäßigen Gebrauche fettbildender Nahrungsmittel und sinkt wieder bei mangelnder Einnahme. Die Abmagerung, mag sie nun durch Hunger oder durch andere Ursachen bewirkt werden, betrifft immer zuerst diesen Reservefonds, welcher bis auf die Neige verzehrt wird, während die anderen Gewebe in weit geringerem Grade angegriffen werden. Nichts desto weniger bleibt auch hier stets ein kleiner Rest und zwar an solchen Stellen, wo dieses frei angehäufte Fett eine nothwendige Bedingung der Function ist, wie z. B. in der Augenhöhle, wo die Bewegungen des Augapfels ohne das vorhandene Fettpolster nicht stattfinden könnten. Der größte Theil des Fettes aber wird ohne Zweifel beim Hungern unmittelbar verbrannt und in Form von Kohlensäure und Wasser nach Außen geführt.

Betrachtet man die Ausgaben eines hungernden Thieres, so sieht man leicht, daß dieselben nicht einzig durch Verzehrung des aufgespeicherten Fettes gedeckt werden können. Die Ausscheidung einer bestimmten Quantität Harnstoff, der nothwendig das Resultat der Zersetzung stickstoffhaltiger Substanzen sein muß, dauert auch bei dem Hungern beständig fort. Es muß somit beständig eine gewisse Menge stickstoffhaltiger Substanzen des Körpers zersetzt werden. Das Maß dieser Zersetzung bleibt sich in den ersten Tagen des Hungers ziemlich gleich, und hierauf gestützt hat man eine Unterscheidung zwischen derjenigen Menge von Nahrungsstoffen, welche zur Deckung des Verlustes beim Hungern nöthig ist, und derjenigen, die darüber hinaus aufgenommen wird, versucht. Man hat diese letztere Menge von Nahrungsmitteln, die über den zur Deckung des Verlustes beim Hungern nothwendigen Verbrauch hinausgehen, den Luxusverbrauch genannt. Es giebt aber kein Thier, bei welchem nicht ein Luxusverbrauch in diesem Sinne stattfände. Und es wäre doch wahrlich der Begriff des Luxus zu weit ausgedehnt, wenn man behaupten wollte, daß der Proletarier bei der unzureichenden und unzweckmäßig gemischten Nahrung, die er sich mit größter Mühe verschafft, auch noch obendrein dem Luxus huldige. Besser würde

es sein, nur denjenigen Verbrauch als Luxusverbrauch zu bezeichnen, der entweder zum Aufspeichern des Reservefonds von Fett in dem Körper dient, oder aber in den Verdauungsorganen nicht bewältigt und unverarbeitet abgeschieden wird. Es unterliegt keinem Zweifel, daß die reicheren Schichten der menschlichen Gesellschaft nicht nur mehr consumiren, als sie zum Ersatz ihres Stoffwechsels nöthig hätten, mehr, als sie in Form von Fett aufspeichern können, sondern, daß sie auch überhaupt mehr einnehmen, als die Verdauungsorgane zu bewältigen im Stande sind. Da nun dieses Mehr auch die stickstoffhaltigen Bestandtheile ihrer Nahrung beschlägt, so ist der Koth solcher Luxusconsumenten gewiß weit reicher an Stickstoff, als derjenige der ärmeren Klassen, die mit größtem Aufwande an Verdauungskraft aus Kartoffeln, Rüben und ähnlichem Zeuge die wenigen blutbildenden Substanzen ausziehen müssen, die darin enthalten sind. Wenn auch vergleichende chemische Untersuchungen in dieser Hinsicht fehlen, so hat doch die Praxis in denjenigen Ländern, in welchen der Menschenkoth fast alleiniges Düngungsmittel ist, das Richtige zu finden gewußt. So pflegen in Nizza die Ackerbauer den Inhalt der Abtrittsgruben zu kaufen, deren Werth man nach der Zahl der Hausbewohner berechnet. Der Inhalt der Kasernenabtritte wird aber durchschnittlich nur halb so theuer bezahlt, als derjenige der Häuser, die von den reichen Fremden bewohnt sind. Für einen Soldaten, dessen Koth fast nur stickstofflose Substanzen enthält, zahlt der Bauer eine jährliche Rente von 4 bis 5 Franken an den Grubenbesitzer, für einen fremden Luxusconsumenten hingegen, der eine Menge Stickstoff unbenutzt durch seinen Körper hindurchjagt, findet man 8 bis 10 Franken nicht zu viel.

Will man die in dem Körper vor sich gehenden Metamorphosen verfolgen, so müssen zwei verschiedene Untersuchungsmethoden mit einander Hand in Hand gehen. Einerseits die chemische, welche die Umsetzung der Stoffe an sich verfolgt und nachzuweisen versucht, durch welche Zwischenstufen z. B. das Eiweiß durchgehen müsse, das sich vielleicht bei dem Verbrauch innerhalb des Körpers zuerst in Harnstoff und Gallenbestand-

theile spaltet, und dann durch Verbrennung der letzteren auch zu dem Athemprocesse sein Contingent liefert. Durch Berechnung aus der Gallenmenge, die in 24 Stunden ergossen wird, hat man gefunden, daß etwa 5 Procent der Ausgaben von Stoffen herrühren, welche in der angegebenen Weise eine Zwischenmetamorphose in der Leber erfahren, und daß dieser Zwischenkreislauf durch die Leber hauptsächlich die kohlenstoffhaltigen Substanzen, sowie den Schwefel der eiweißstoffigen betrifft, während die übrigen 95 Procent durch directen Stoffwechsel innerhalb des Bereiches des großen Kreislaufes ihrem Endziele entgegen geführt werden. Die Feststellung der Zwischenstufen aber, welche die chemischen Körper durchlaufen, ist eine wesentliche Aufgabe der heutigen physiologischen Chemie, und deshalb besonders erschwert, weil dieselbe in mikroskopischen Formelementen vor sich geht, und Stoffe erzeugt, deren Reactionen zu unsicher sind, um in solchen kleinen Mengen gehörig erkannt werden zu können. Es würde uns zu weit führen, wollten wir auf diejenigen chemischen Metamorphosen näher eingehen, die bis jetzt untersucht und gekannt sind, zumal da noch viele Lücken in dieser Kenntniß aus dem angegebenen Grunde sich finden.

Viele Schwierigkeiten stellen sich auch der Erkenntniß der Umbildung in den Formelementen des Körpers entgegen. Die Deutung der einzelnen Gestaltänderungen, welche man an diesen Formelementen bemerkt, ist meist zweifelhaft, da man oft nicht weiß, ob sie der Neubildung oder dem Zerfallen angehören. Die Veränderungen selbst sind oft so gering, daß man nicht sicher ist, ob sie durch den Lebensproceß selbst, oder durch die Behandlung des Gegenstandes erzeugt sind.

Man glaubte in den festen Organen des Körpers, in den Knochen und Zähnen, ein Mittel gefunden zu haben, der Ernährung Schritt für Schritt nachzugehen. Man hatte beobachtet, daß nach Fütterung mit Krapp und Färberröthe die Knochen, besonders junger Thiere, sich mehr oder minder intensiv roth färbten. Fütterte man nun abwechselnd mit der Nahrung während einiger Zeit Krapp und ließ nachher denselben weg, so fand

man auf Durchschnitten der Knochen abwechselnd rothe und weiße Ringe, die den einzelnen Fütterungsperioden entsprachen. Diese Schichten sollten allmählich von Außen, von der Beinhaut aus, nach Innen gegen die Markhöhle rücken und dort verschwinden. Diese Wanderung sollte nach der Meinung einiger Forscher den besten Beweis dafür ablegen, daß die Knochenelemente in einem beständigen Umsatze sich befänden, durch welchen von der Beinhaut aus stets neue Schichten abgesetzt würden, während von der Markhöhle aus eine beständige Aufsaugung einwirke. Bei der Umlegung von Platindrähten oder Plättchen, die man zwischen die Beinhaut und den Knochen schob, fand man ein ähnliches Resultat. Diese Körper wanderten allmählich von der Außenseite des Knochens nach Innen und gelangten zuletzt in die Markhöhle, ohne daß man eine Verdickung des Knochens bemerkt hätte. Wären die Verhältnisse so einfach, wie die ersten Versuche sie darzustellen schienen, so hätte man allerdings hier ein genaues Zeitmaß für den Stoffwechsel in den Festgebilden sich verschaffen können. Man mußte sich aber bald überzeugen, daß die rothe Färbung der Knochen daher rühre, daß der in dem Blute kreisende Farbestoff mit dem phosphorsauren Kalke der Knochen eine schwer lösliche Verbindung eingeht, die allmählich bei dem Aufhören der Krappfütterung von dem Blute wieder ausgewaschen wird, ohne daß das Knochengewebe selbst bei diesem Processe eine sichtbare Aenderung erleidet. Diese Auswaschung muß natürlich am stärksten da stattfinden, wo das meiste Blut circulirt, ebenso wie auch der Absatz in den blutreichen Stellen der Knochen am stärksten sein muß, und da dieses in der Nähe der Beinhaut der Fall ist, so wurde die Schichtenbildung ganz einfach durch den abwechselnden Absatz und die Wegschwemmung des Farbestoffes bedingt. Das Knochengewebe selbst aber erschien in seinen Formelementen nur äußerst wenig wandelbar, und aus den schon erwähnten Fütterungsversuchen mit Substanzen, die keine Aschenbestandtheile enthalten, geht deutlich hervor, daß der Umsatz in ihm nur sehr gering ist und verhältnißmäßig langer Zeiträume bedarf.

So wurde man denn wieder auf die weichen Theile hingewiesen, an denen freilich einen bestimmten Maßstab herzustellen nicht leicht war. Von vorneherein muß man sich sagen, daß in dem Blute, welches allen Umsatz vermittelt, auch in der That der stärkste Umsatz stattfinden müsse, und es ist wahrscheinlich, daß die Blutkörperchen keine unveränderlichen Größen, sondern einem beständigen Processe der Umbildung unterworfen seien. Man sah in der Lymphe mit dem Aufsteigen durch die Lymphdrüsen und den Milchbrustgang und dem Annähern an die Blutbahn selbst die Körperchen stets mehr sich röthen und den Blutkörperchen ähnlich werden. Man glaubte in den Blutkörperchen selbst manche Vorgänge zu sehen, die man auf ein allmähliches Verfallen derselben zu deuten suchte. Man glaubte endlich im Marke der Knochen, in der Leber und in der Milz die Organe gefunden zu haben, in welchen die Einen, wie sie sich auszudrücken beliebten, die Blutkörperchen massenhaft zu Grunde gehen ließen, während Andere wieder dieselben Erscheinungen, die man als den Todesproceß der Blutkörperchen auffaßte, in umgekehrter Reihenfolge als die verschiedenen Momente ihrer Entstehung deuteten. Bei der Kleinheit der menschlichen Blutkörperchen und ihrer großen Empfindlichkeit gegen Reagentien konnte man über solche Puncte lange streiten, ohne ins Reine zu kommen. Aber ein Resultat mußte doch gefunden werden, denn man hatte sich aufs Deutlichste durch Zählungen überzeugt, daß in der That der Regenerationsproceß der Blutkörperchen mit der Nahrungsaufnahme gleichen Schritt halte. Drei bis vier Stunden nach dem Mittagsmahle fand man die höchste Verhältnißzahl, sechs bis sieben farblose Lymphkörperchen auf je 2000 Blutkörperchen. Nach geschehener Verdauung nahm die Zahl ab, und endlich, etwa 12 Stunden nach dem Essen, fand man nur fünf farblose Lymphkörperchen im Verhältniß zu derselben Zahl von Blutkörperchen.

Neuere Untersuchungen an Fröschen, bei denen die Elemente des Blutes ihrer bedeutenderen Größe wegen ein leichteres Object bieten, haben zur Lösung dieser Frage wesentlich beigetragen.

Wir erwähnten schon oben, daß man bei Fröschen trotz der Wegnahme von Leber und Milz das Leben Wochen lang erhalten könne, und daß nach dieser Operation der Kohlensäureertrag der Athmung um ein Bedeutendes sinke, die Rückbildung und Verbrennung der Gewebe also durch die Existenz der Leber und Milz begünstigt werde. Man fand nun, daß bei solchen entleberten Fröschen der Verlust der Leber eine außerordentliche Vermehrung der farblosen und mithin eine beträchtliche Verminderung der farbigen Blutkörperchen nach sich ziehe. Frösche, die zugleich der Milz und der Leber beraubt sind, besitzen ungleich mehr farblose Blutkörperchen im Verhältniß zu den farbigen, als unversehrte. Das Verhältniß stellt sich bei den entleberten und entmilzten Fröschen wie 1 : 4, bei den gesunden wie 1 : 8, und bei Fröschen, denen man nur die Leber weggenommen hat, wie 2 : 5. Es geht hieraus auf das Deutlichste hervor, daß in der Leber und Milz ein bedeutender Umwandlungsproceß der Blutkörperchen stattfindet, indem dort die farblosen Körperchen in farbige übergehen. Auch diesen Proceß hat derselbe genaue Beobachter hinsichtlich der Formenentwickelung genauer verfolgt. Die farblosen Blutkörperchen des Frosches sind rund, schwach körnig, mit einem schärfer gekörnten runden Kerne versehen. Nach mancherlei oft bizarren Gestaltsveränderungen werden sie mehr länglich, der Kern zerfällt, bildet einzelne tropfenähnliche Körner, die nach und nach verschwinden, während die Zelle selbst sich allmählich roth färbt. Bemerkenswerth ist es, daß dieser Proceß der Formbildung ganz in ähnlicher Weise sich bei der Froschlarve wiederholt und die Ausbildung der Blutkörperchen aus ursprünglichen Embryonalzellen ganz dieselben Stufen durchläuft.

Es würde zu weit führen, wollten wir hier auf diejenigen Erscheinungen näher eingehen, welche, in den übrigen Formelementen des Körpers auftretend, auf einen steten Wechsel derselben schließen lassen. Wir müssen offen gestehen, daß die Beobachtung in dieser Hinsicht bis jetzt nur sehr wenige Resultate geliefert hat, und daß wir auch trotz des Mikroskopes hier noch vor einem ganzen Cyklus von Metamorphosen stehen,

von welchen uns vor der Hand nur die Endresultate bekannt sind. Wenn ein Chemiker gesagt hat, daß wir die Erscheinungen des Zerfallens der organischen Substanzen mit weit leichterer Mühe verfolgen können, als diejenigen des Aufbaues, so müssen wir von unseren anatomischen Hülfsmitteln bekennen, daß wir zwar die gegebene Form durch sie leicht erkennen können, daß uns aber große Schwierigkeiten entgegen stehen, wenn wir den Aufbau, noch größere, wenn wir den Zerfall der Formelemente uns klar machen wollen.

Neunter Brief.

Die thierische Wärme.

Linné hat in seiner Eintheilung der höheren Thiere hauptsächlich auf einen Charakter Rücksicht genommen, der jedem Kinde bekannt ist, nämlich auf die Wärme des Blutes, und danach zwei Hauptgruppen: warmblütige und kaltblütige Thiere, aufgestellt. Der unangenehme Eindruck, den wir empfinden, wenn wir die Haut eines Frosches oder Fisches berühren, der Widerwillen, den viele Personen gegen die Annäherung eines solchen Thieres zeigen, ist tief begründet in der Aehnlichkeit ihrer Temperatur mit der eines Leichnames. In den todten Körpern der Menschen, der Säugethiere und Vögel ist die Wärme geschwunden, welche das Resultat des Lebens war. In dem lebenden Reptil, Lurch oder Fisch, findet zwar während des Lebens eine Wärmeentwickelung statt, die aber so schwach ist, daß sie unsere Hand nicht mehr fühlt, während das Thermometer sie deutlich angiebt. Bei den warmblütigen Thieren erhält sich die Wärme innerhalb sehr geringer Schwankungen auf demselben Grade, mögen sie nun in kalter oder warmer Umgebung sich befinden; man hat sie deshalb auch gleichwarme genannt. Bei den kaltblütigen dagegen, die man deshalb auch wechselwarme genannt hat, steigt oder sinkt die Körperwärme mit dem umgebenden Medium, doch in der Weise, daß sie in kalten Medien

etwas wärmer, in warmer Umgebung dagegen, bei beschleunigtem Stoffumsatz, dennoch etwas kälter sind. Es deutet dies auf einen bedeutenden Unterschied in dem Lebensprocesse der Wirbelthiere hin, denn die Production der Wärme ist nichts Zufälliges; sie ist auf das Innigste mit dem Leben verbunden und bei den höheren Thieren eines der wesentlichsten Resultate des Stoffwechsels. Gerade darum aber, weil diese Wärme eben nur als eines der letzten Resultate auftritt und mit allen einzelnen Phänomenen dieses Processes in Verbindung zu stehen scheint, eben deshalb ist auch ihre Erzeugung einer der dunkelsten Punkte in der Physiologie. Man kann kaum einen Eingriff in die geringste Function des Körpers wagen, kaum eine Aenderung dieses oder jenes scheinbar vereinzelten Phänomens beobachten, ohne zugleich eine Veränderung des Wärmegrades eines einzelnen Theiles oder des Gesammtkörpers wahrzunehmen. Man hat nun, wie es scheinen will, viel zu häufig den Fehler begangen, je nachdem man diese oder jene Quelle der Wärme entdeckte, dieser auch allein die Production derselben zuzuschreiben, und nur zu oft den Erfahrungssatz außer Augen gelassen, nach welchem gleiche Ursachen auch gleiche Wirkungen bedingen, nie aber gleiche Wirkungen auch auf gleiche Ursachen schließen lassen. Das Holz geräth ins Brennen, ob man es nun nach der früheren Weise civilisirter Nationen mit einem in Schwefel getauchten Zündhölzchen, oder nach Art der Wilden durch heftiges Reiben in Flammen setze; der chemische Proceß, wie der mechanische Effect, so verschieden sie auch in sich sein mögen, haben durchaus dieselbe Wirkung —; wäre es nicht thöricht, behaupten zu wollen, daß man nur mittelst Zündhölzchen anbrennen könne? — Man kann nicht leugnen, daß die Physiologen oft in diesen Fehler gefallen sind; der Eine, der durch Muskelbewegung Wärme erzeugt werden sah, wollte dem Andern nicht glauben, der den chemischen Umwandlungen im Körper ebenfalls exclusiv die Wärmeerzeugung zuschrieb. Ein vernünftiger Vergleich beider streitenden Partheien, wo jede ein Weniges nachgelassen hätte, würde vielleicht den Streit zu Ende gebracht haben.

Man mißt die Temperatur des thierischen Körpers überhaupt meist an Orten, wo die Thermometerkugel in Oeffnungen eingeführt werden kann. So meistens im Munde unter der Zunge, im After, in der Achselhöhle u. s. w. Die mittlere Temperatur eines Erwachsenen an diesen Stellen beträgt etwa 37,2 Grade des hunderttheiligen Thermometers, oder 29,8 des Réaumur'schen, während an freien Hautstellen diese Temperatur um einige Grade sinkt und im Durchschnitte nur 34,1 Celsius oder 27,3 Réaumur beträgt.

Messungen der verschiedenen Körpertheile ergeben ein Resultat, welches mit den Schlüssen, die man a priori machen könnte, vollkommen im Einklang steht. Es ist begreiflich, daß das Blut im Inneren des Körpers die größte Wärme, etwa 38 bis 39 Grad, zeigt, daß aber Theile des Körpers, welche eine größere Oberfläche darbieten, aus denen mithin mehr Wärme ausstrahlen kann, sich schneller abkühlen, als andere, die nur eine sehr geringe Oberfläche besitzen. Im Allgemeinen sind noch die einzelnen Theile in der Beziehung vortheilhaft gebaut, daß sie mehr oder minder regelmäßige Cylinder darstellen, wie der Rumpf, die Arme und Beine, oder selbst Formen, welche derjenigen der Kugel nahe kommen, mithin bei größtem Rauminhalte die kleinste Oberfläche darbieten. Nichts desto weniger ist der Wärmeverlust, den die Enden der Extremitäten, die Finger, Zehen, Hände und Füße erleiden, so bedeutend, daß an der Fußsohle z. B. die Temperatur nur 32°,3 C. beträgt. Einen Schutz gegen solchen Verlust verschafft uns die Bedeckung mittelst schlecht leitender Körper, wie Wolle, Federn, Haare u. s. w. Alle diese Stoffe zeichnen sich durch die Eigenschaft aus, daß die Wärme sie nur sehr schwer durchdringt, aber auch eben so schwer von ihnen mitgetheilt wird. Ein Stück Metall, das an dem einen Ende glühend ist, kann nicht ohne Schaden an dem anderen Ende angefaßt werden; ein Holzbrand dagegen, der unten brennt, zeigt wenige Zolle davon kaum eine merkliche Erhöhung seiner Wärme.

Ein Metall aber kühlt sich schnell ab, giebt die Wärme, die es erhalten, eben so schnell ab, als sie es in seinem Innern weiter leitete, während ein schlechter Leiter sie eben so lange erhält, als er sie langsam in sich aufnimmt. In unseren Climaten, wo die mittlere Jahrestemperatur etwa um 20 Grade tiefer steht, als diejenige des Körpers, bedarf es mithin eines Schutzes, und diesen suchen wir ihm durch Kleider, Pelzwerk, Federdecken zu gewähren. Bei den Thieren, welche die nordischen und gemäßigten Klimate bewohnen, hat die Natur in ähnlicher Weise gesorgt. Die Fischsäugethiere ausgenommen, über deren Organisation und Lebensverhältnisse wir überhaupt nur sehr wenige Kenntnisse besitzen, die aber förmlich in eine Fettlage eingewickelt erscheinen, sind alle Thiere der kälteren Zonen mit dichten Pelz- oder Federüberzügen versehen, deren Dichtigkeit bekanntlich im Winter um ein Bedeutendes zunimmt. Man würde vergeblich außerhalb der warmen Zonen Thiere mit nackter, kahler Haut suchen, welche in der Nähe des Aequators so häufig vorkommen. Ich will damit keineswegs behaupten, daß die Natur den Thieren einzig nur deshalb Federn und Haare auf dem Leibe wachsen lasse, um sie fein warm zu halten; es giebt an dem Aequator Thiere, die ein eben so schönes Pelzwerk besitzen als andere an den Polen, und neben Affen mit langen dichten Wollhaaren klettern andere in den Urwäldern Amerika's umher, die fast nackt sind.

Man hat bekanntlich viel von dem kälteren Blute der Nordländer, dem heißeren der Südländer gesprochen, und die Poeten namentlich haben dies Kapitel auf das Reichlichste ausgebeutet. Die Eifersucht, Rachsucht, kurz alle Triebe und Leidenschaften, welche bei einzelnen Völkern mehr oder minder ausgeprägt scheinen, werden auf Rechnung der Wärme des Blutes geschoben. Mit diesen physiologischen Eroberungen nicht zufrieden, ging ein Dichter aus der Zeit des Becker'schen Rheinliedes sogar so weit, auch die Farbe des Blutes bei den verschiedenen Raçen verschieden zu finden, und den Germanen blaues, den Franken rothes Blut zu vindiciren. Ich weiß nicht, ob sich diese Be-

hauptung auf genauere Beobachtungen stützt; — was die Temperatur des Blutes betrifft, so kann man ziemlich dreist behaupten, daß solche Verschiedenheiten nicht existiren, und daß die kleinen Abweichungen, welche man bei den Völkern der entlegensten Zonen getroffen hat, nicht größer sind als die Verschiedenheiten, welche man bei einzelnen Individuen findet. Der Malaye, dessen wüthende Leidenschaften zum Sprüchwort geworden sind, zeigt keine größere Wärme des Blutes, als der geduldige Hottentotte, und wenn auch die Untersuchungen der Naturforscher über diesen Punkt noch nicht alle wünschenswerthe Ausdehnung erhalten haben, so darf man doch schon jetzt den Dichtern und Nationalökonomen den Rath geben, andere Gründe für die Charakterverschiedenheit der Raçen und Völker zu suchen.

Aus vielfachen vergleichenden Untersuchungen geht hervor, daß Männer und Weiber fast genau die gleiche Temperatur haben, indem bei den Frauen der geringere Stoffwechsel durch geringere Wärmeausstrahlung ausgeglichen wird. Das Alter hat keine unbedeutenden Einflüsse auf die Wärme des Körpers. Unmittelbar bei der Geburt ist dieselbe am höchsten, sinkt aber schnell in den ersten Stunden, um sich, sobald einmal Athmung und Kreislauf vollständig hergestellt sind, etwa auf derselben Höhe bis zum Eintritt der Reife zu erhalten. Von dem zwanzigsten Jahre an sinkt die Wärme zwar nur sehr unbedeutend, doch allmählich bis etwa zu dem sechzigsten, wo ihr tiefster Stand stattfindet. Bei Greisen steigt sie wieder und zwar so sehr, daß sie das Maß des kindlichen Alters erreicht. Dies scheint freilich im Widerspruche zu stehen mit dem Sinken des Lebensprocesses überhaupt bei den Greisen. Man darf aber nicht vergessen, daß der Production der inneren Wärme durch einen äußeren Factor, durch Ausstrahlung und Verdunstung auf der Haut, entgegengearbeitet wird, und daß bei den Greisen die Haut stets welk, zusammengefallen, und die abkühlende Schweißbildung und Ausdünstung auf ein Minimum beschränkt ist. Periodische Schwankungen während des Tages finden allgemein statt und scheinen selbst in gewissem Grade unabhängig von der Lebens-

weise. Merkwürdiger Weise sind diese täglichen Schwankungen größer, als die Unterschiede zwischen den mittleren Temperaturen in verschiedenem Alter, denn sie betragen fast 1 Grad R., während der Unterschied zwischen der höchsten Temperatur zur Zeit der Reife im vierzehnten Jahre bis zum sechzigsten nicht ganz $^1/_2$ Grad beträgt. Die Temperatur erhebt sich des Morgens nach dem Erwachen ziemlich schnell und erreicht ihren ersten Höhepunkt um die 11. Vormittagsstunde; sie sinkt in den darauf folgenden Stunden ein wenig, bis die Zeit des Mittagbrodes den Ausgangspunkt eines neuen Ansteigens bildet, welches um die 6. bis 7. Nachmittagsstunde seinen Gipfel erreicht. Von diesem, welcher zugleich der Höhepunkt für den ganzen Tag ist, an, sinkt dann die Temperatur fast stetig während der Abend- und Nachtstunden, und erreicht während des Schlafes um die 4. Nachmitternachtsstunde ihren niedrigsten Stand. Um mich eines verständlichen Bildes zu bedienen, macht also die Temperatur im Laufe des Tages eine doppelte Welle. Der Wellenberg der kleineren fällt in die 11., ihr Thal in die 2. Mittagsstunde; der Berg der größeren in die 6. Nachmittagsstunde, das Thal derselben in die 4. Nachmitternachtsstunde. Es stehen diese Schwankungen in dem genauesten Zusammenhange mit dem Pulse, dessen Häufigkeit ganz denselben gleichzeitigen Schwankungen unterliegt, und dadurch auch mit der Athmung, da, wie wir gesehen haben, die Häufigkeit der Athembewegungen stets in einem gewissen Verhältniß zu derjenigen des Pulses steht.

Die Temperaturverschiedenheiten der inneren Theile des Körpers können natürlich nur unvollkommen bei lebenden Menschen untersucht werden, und auch bei Thieren sind bis jetzt nur wenige Versuche mit zuverlässiger Genauigkeit angestellt worden, da der dazu nöthige operative Eingriff sogleich die Wärmeentwickelung stört. Es ist zu beklagen, daß wir hier keine Thatsachen in großer Zahl besitzen, die freilich genau genug gesammelt sein müßten, um sehr kleine Verschiedenheiten von einem Zehntel und selbst einem Zwanzigstel Grad mit Sicherheit angeben zu können; solche Versuche würden mehr als lange Seiten theoretischer Ab-

handlungen, auf sichere Schlüsse über den eigentlichen Ort der Wärmeerzeugung führen. Die bis jetzt bekannten Versuche ergeben nur sehr wenig Resultate. So soll das Blut der Halsschlagader beinahe um einen Grad höher temperirt sein, als dasjenige der Halsvenen, wie überhaupt die tiefer und geschützter liegenden Arterien der Extremitäten wärmeres Blut führen sollen, als die oberflächlicher verlaufenden Venen: Lunge und Leber ebenfalls um einen Grad höher, als Gehirn und Magen: und das aus ihnen zurückkehrende Blut wärmer als das einströmende, ein Beweis für den in den Organen vorgehenden lebhaften Stoffwechsel; das Blut der Lebervenen wärmer, als das aller übrigen Körpertheile; das Blut der rechten Herzkammer um zwei Zehntel Grad wärmer, als das durch die Athmung abgekühlte Blut der linken Herzkammer.

Von besonderem Interesse sind die Untersuchungen über die Grade von Wärme und Kälte, welche der Organismus der Warmblüter und des Menschen aushalten kann. Trotz allen Schutzes durch Kleider fanden alle Nordpolfahrer bei ihren Ueberwinterungen, daß die lange andauernde Kälte die Bewegungen immer mehr hemmt. Der Mensch bewegt sich nur noch wie eine automatische Masse; die Gedanken werden stets dumpfer, die Sinne stumpfer, die Glieder schmerzen bei der Bewegung, man fühlt sie nicht mehr, und in außerordentlich peinlichem Kampfe der entschwindenden Besinnung stellt sich der unüberwindliche Schlaf ein, der zum Tode führt. Bei Säugethieren, die man erfrieren läßt, nimmt der Herzschlag stets mehr ab, die Nerven leiten die Bewegungsreizung nicht mehr, und wenn die Temperatur des Körpers auf + 15° C. gefallen ist, tritt unwiderruflich der Tod ein, während sie zwischen + 15° und + 20° C. wieder durch künstliche Athmung und Erwärmung in das Leben zurückgerufen werden können, wenn auch Herzschlag und Athmung längst stillgestanden sind. — Höhere Temperaturgrade beleben zuerst alle Functionen, aber nicht auf lange. Die Gewebe sterben ab und werden durch Gerinnung von Eiweißstoffen starr. Dann ist die Wirkung fast die der strengen Kälte — Ermattung, Schlaf,

Krämpfe, Bewußtlosigkeit, Tod. In feuchter Luft sterben Thiere, denen man weder Trank noch Nahrung reicht, schon bei 40° C. in wenigen Stunden; trockene Wärme wird viel besser ausgehalten, da sich der Körper durch Wasserverdunstung abkühlt. Die Erwärmung der inneren Organe bis zu 45° C. tödtet fast unausbleiblich. Fieber, in welchen die Temperatur bis zu diesem Grade gesteigert und Krankheiten, wie Cholera, wo sie bis 27° C. gesunken ist, sind unbedingt tödtlich.

Die Athmung ist ohne Zweifel einer der wichtigsten Hebel zur Erzeugung der Wärme. In allen Fällen, wo die Athmung sinkt, wo die Athemzüge in längeren Intervallen folgen, nur kurz sind, und an Intensität, Tiefe und Schnelligkeit abnehmen, in allen diesen Fällen sinkt auch die Temperatur des Körpers rasch und oft selbst mit auffallender Schnelligkeit. Jeder hat wohl schon diese Beobachtung bei Individuen gemacht, welche in Ohnmacht fallen, wo die Athemzüge fast gänzlich verschwinden, der Herzschlag sich vermindert und eisige Kälte sich über den Körper verbreitet. Beiläufig gesagt ist dadurch auch ein Mittel gegeben, eine wahre Ohnmacht von einer verstellten zu unterscheiden. Wir können zwar willkürlich den Athem einhalten und uns so gewöhnen, daß wir denselben nur unmerklich und in großen Intervallen schöpfen; allein unwillkürlich kalt zu werden ist noch keinem Menschenkinde gelungen, sogar den Frauen nicht, welche zuweilen in Darstellung künstlicher Ohnmachten eine anerkennenswerthe Virtuosität besitzen.

In weit ausgedehnterem Maße aber lassen sich diese Erscheinungen bei denjenigen Thieren beobachten, welche in Winterschlaf sinken. Ich habe selbst Gelegenheit gehabt, den kleinen Siebenschläfer, die sogenannte Haselmaus, in ihrem Schlafe zu beobachten, und genaue Untersuchungen über die Murmelthiere im Winterschlafe sind vor nicht langer Zeit von einem meiner Freunde veröffentlicht worden. Sobald das Thier schläft, werden seine Athemzüge so selten und so sanft, daß es kaum möglich ist, sie zu beobachten; das Herz schlägt nur äußerst schwach und kaum fühlbar. Unmittelbar nach dem Einschlafen sinkt auch die Eigen-

wärme des Thieres, und zwar allmählich so tief, daß sie kaum ein Weniges über der Temperatur des umgebenden Raumes sich erhält. So bleibt das Thier während seines Schlafes und in diesem Zustande kann der Winterschläfer bis zu wenig Grad über 0° erkältet werden, ohne die Fähigkeit wieder zu erwachen einzubüßen. Sobald er aber erwacht, werden die Athemzüge häufiger, der Herzschlag rascher und in kurzer Zeit steigt die Wärme höher und höher, bis sie den Punkt erreicht, auf welchem sie sich beim wachenden Zustande stationär erhält. Ob das Thier unmittelbar vorher gefressen habe, oder nicht, hat auf die nachfolgenden Erscheinungen durchaus keinen Einfluß; seine Temperatur sinkt beim Einschlafen in durchaus ähnlicher Weise.

Der Einfluß der Respiration auf Entwickelung der Wärme ist demnach nicht zu verkennen; allein es fragt sich, ob derselbe unmittelbar ist, ob der chemische Proceß der Athmung selbst Wärme bildet, oder ob vielmehr diese Function nur mittelbar wirkt, indem sie mit anderen Thätigkeiten des Körpers in die engste Verbindung tritt.

Es kann nicht geleugnet werden, daß in dem Körper eine Oxydation der durch die Nahrungsmittel eingeführten Stoffe vor sich geht. Betrachten wir die in dem Darmkanal aufgenommenen Substanzen ihrer allgemeinsten Zusammensetzung nach, so stellt sich heraus, daß alle eine bestimmte Quantität Sauerstoff enthalten, nie aber eine so große Menge dieses Elementes, daß sie hinreichend wäre, den Kohlenstoff und den Wasserstoff, der sich ebenfalls in den Nahrungsmitteln findet, vollständig zu verbrennen und in Kohlensäure und Wasser überzuführen. Auf der anderen Seite treten uns in den Auswurfsstoffen des Körpers, und namentlich in den gasförmigen Producten der Respiration, diese zwei vollständig oxydirten Stoffe hauptsächlich entgegen; die Athmung liefert Kohlensäure und Wasser. Es muß demnach offenbar in dem Körper eine Verbrennung des Kohlenstoffes und des Wasserstoffes auf Kosten des durch die Respiration zugeführten Sauerstoffes der Luft vor sich gehen, und daß Verbrennung Wärme entwickele, ist eine Thatsache, die nicht erst

bewiesen zu werden braucht. Die erste Frage, welche hier gestellt werden muß, ist ohne Zweifel die: Genügt die auf die angegebene Weise entwickelte Wärmemenge, den Verlust, welchen der Körper beständig durch Ausstrahlen erleidet, zu decken? Ist es möglich, aus dieser beständigen Verbrennung zu erklären, warum wir in den verschiedensten Temperaturen der umgebenden Luft dennoch annähernd stets dieselbe Eigenwärme beibehalten, oder können noch andere Wärmequellen nachgewiesen werden?

Man hat approximativ so genau als möglich die Menge von Kohlenstoff zu bestimmen gesucht, welche in den Körper durch die Nahrungsmittel gelangt. Es müssen solche Berechnungen stets etwas Schwankendes haben; denn selten wohl findet man Leute, die sich zu einem durchaus regelmäßigen Regime hergeben wollen, die einen Tag um den andern genau dieselbe Quantität Speisen zu sich nehmen möchten und ohne zu wechseln eine solche Lebensart Monate durchführen wollten. Unterscheidet sich doch, der Behauptung Beaumarchais' zu Folge, der Mensch neben anderen Characteren gerade dadurch von den Thieren, daß er über den Durst trinkt, und oft auch mehr ißt, als er Hunger hat. Aus der Verproviantirung der dänischen Seeleute hat man berechnet, daß dieselben etwa 23 Loth Kohlenstoff in 24 Stunden verbrauchen, und für die englischen Seeleute gelangte man etwa auf die gleiche Zahl. Für die Gefangenen eines Zuchthauses, welche gemeinschaftlich und so viel wie möglich im Freien arbeiten, erhielt man den etwas geringeren Werth von 21 Loth, und für Gefangene in Einzelhaft und Untersuchungsarrest die noch weit geringere Menge von 17 Loth, die auf eine zerstörende Unterdrückung und Niederhaltung des Lebensprocesses deutet. Aus dieser Verhältnißzahl schon kann man entnehmen, welche raffinirte Grausamkeit unser Zeitalter in Erfindung der lange fortgesetzten Einzelhaft bethätigte. Fand doch derselbe Beobachter, welcher diese niedrige Zahl des Kohlenstoffverbrauches für die Einzelgefangenen berechnete, nach derselben Methode für den Verbrauch einer Kompagnie Soldaten, deren Leben doch wahrlich nicht zu beneiden ist, eine Mittelzahl von beinahe 28 Loth täglich, also 1/4

mehr als bei den Einzelgefangenen! Und solchen Zahlen gegenüber müht man sich noch ab, nachweisen zu wollen, daß Menschen durch die Einzelhaft gebessert und daß überhaupt diese Art und Weise der Behandlung den wohlthätigsten Einfluß auf ihre moralische Seite haben könne!

Kehren wir indeß zu unserem Gegenstande zurück. Man hat sich vielfach abgemüht, nachzuweisen, daß die Verbrennung der Kohlenstoffmenge, welche in den Körper eingeführt wird, hinreiche, um die Entwickelung von Wärme in demselben und den steten Verlust durch Ausstrahlung und Verdunstung zu decken.

Man ging dabei von dem Satze aus, daß eine gewisse Menge Kohlenstoff dieselbe Quantität Wärme entwickeln müsse, ob er nun direct verbrannt oder durch mancherlei Zwischenstufen verschiedenartiger Verbindungen dem Endziele der Verbrennung entgegen geführt werde. Allein grade dieser Fundamentalsatz wird durch neuere Untersuchungen nicht bestätigt, während auf der anderen Seite die Quellen der Wärmeentstehung außerordentlich vermehrt werden durch die Erkenntniß, daß überhaupt gar kein Stoffumsatz, gar keine chemische Zersetzung, gar keine Bewegung der Molecüle stattfinden könne ohne gleichzeitige Entbindung von Wärme. Hat man dies einmal erkannt, so muß man einsehen, daß es unmöglich ist, auf experimentalem Wege das Maß der inneren Wärmeentwicklung im Körper anzugeben. Die Resultate der Ernährung, die wir erst in ihren Summen vor uns sehen, sind aus einer unendlichen Menge kleiner Pöstchen zusammengesetzt, deren Maß eben seiner Kleinheit wegen sich unseren Untersuchungsmitteln entzieht. Jedes Blutkörperchen, jedes Fäserchen, jedes Tröpfchen Flüssigkeit im Körper ist in beständiger Bewegung, in stetem Umtausche, in unausgesetzter Zerstörung und Neubildung begriffen. Jeder dieser Processe, an unendlich kleinen Theilen vor sich gehend, entwickelt eine unmeßbar kleine Menge von Wärme, deren Summe uns erst in für unsere Instrumente zugänglicher Größe entgegentritt. Aus eben so kleinen Posten summirt sich auch der Verlust, den der Körper durch Verdunstung von Flüssigkeiten, durch Verflüssigung

fester Theile, durch Ausstrahlung und ähnliche Processe erleidet, und hier auch tritt uns erst die Summe dieser vielen unendlich kleinen Wirkungen entgegen.

Wenn aber aus den angeführten Gründen die Bestimmung der absoluten Wärmemenge, welche der Körper aus seiner Einnahme produciren müßte, nicht genau ausfallen kann, so läßt sich doch die wirklich erzeugte Wärme bestimmen und mit der Nahrung vergleichen. Hier haben denn Versuche gezeigt, daß bei übermäßiger Fleischkost am meisten, bei stickstoffloser Kost am wenigsten Wärme erzeugt wird, während gemischte Kost eine mittlere Wärmemenge liefert; daß ein gut genährter Mann an einem Hungertage etwa ebensoviel Wärme auf Kosten seiner Körpergewebe producirt, als bei gemischter Nahrung. In practische Verhältnisse übersetzt, heißt dies soviel, daß der Mensch in kälteren Klimaten mehr Fleisch essen muß, um mehr Wärme zum Ausgleich zu produciren; daß der Vegetarianer sich in demselben Klima wärmer kleiden muß, als der Fleischesser und daß der Wohlgenährte sich noch behaglich fühlen kann, wo der Kartoffelmensch schlottert.

Hat man sich diese Verhältnisse einmal klar gemacht, so hat man sich schon gewissermaßen die Frage beantwortet, an welchen Ort denn der Heerd der Wärmeerzeugung hinzusetzen sei. Die ältere Meinung, welche namentlich seit Lavoisier gang und gäbe geworden war, schien freilich die einfachste und ungezwungenste. Nach dieser fand die Verbrennung in der Lunge statt; das venöse Blut kreiste, mit verbrennlichen Stoffen angefüllt, in der Lunge, trat dort in Wechselwirkung mit dem Sauerstoff der Atmosphäre; was verbrennen konnte, verbrannte, und das durch den Proceß erhitzte arterielle Blut verbreitete sich nun in dem ganzen Körper, überall hin seine Wärme tragend und vertheilend. Die Lungen waren demnach der thierische Ofen, und wie in einem mit Wasserheizung versehenen Hause verbreiteten sich von dort aus die Heizröhren nach allen Theilen des Körpers, nachdem sie sich in dem linken Herzen gesammelt hatten.

Manche Umstände jedoch ließen sich schwer mit dieser Annahme vereinigen, und namentlich darf man unter diesen die Temperatur der Lungen selbst in Anschlag bringen. Die Hitze müßte in diesen sehr groß, jedenfalls um einige Grad höher sein, als in den übrigen Theilen des Körpers. Die Erfahrung sagt hier das Gegentheil; die Lungen sind nicht wärmer als der Magen und alle anderen Eingeweide, welche in verschlossenen, wohlgeschützten Räumen liegen. Man hätte die aus dieser Thatsache abzuleitenden Schlußfolgerungen zwar noch umgehen können; mit dem Augenblick aber, wo durch den Versuch nachgewiesen wurde, daß Thiere auch in anderen Gasarten als Sauerstoff Kohlensäure ausathmen; daß die Kohlensäure in dem venösen Blute schon existirt und daraus dargestellt werden kann, ehe dieses nur in den Lungen ankommt, mit diesem Augenblick, sage ich, mußte das ganze theoretische Gebäude fallen. Die Lungen konnten nicht mehr das einzige Organ sein, in welchem die Kohlensäure gebildet wird, und da der eben erwähnten Ansicht nach die Erzeugung dieses Oxydes die Ursache der Erwärmung des Körpers war, so mußte auch nothwendig der Ort, wo diese vor sich geht, aus den Lungen verlegt und anderen Organen vindicirt werden.

Wenn indeß auch die Lungen der alleinige Wärmeheerd nicht sind, so muß dennoch zugestanden werden, daß wenigstens ein geringer Grad von Wärme darin entwickelt werden müsse. Folgende Umstände scheinen eine solche Annahme durchaus gebieterisch zu verlangen.

Die Luft, welche wir einathmen, hat im Durchschnitt in unseren Zonen eine Temperatur von 10 bis 12 Graden, im Sommer mehr, im Winter weniger. Selten nur haben wir Hitzegrade, wo die Luft so warm wäre, als unser Körper. Die ausgeathmete Luft hingegen hat beinahe die Temperatur unseres Körpers, sie ist demnach innerhalb der Lungen bis auf diesen Grad erwärmt worden; die Lungen müssen eine gewisse Quantität Wärme durch diese Abgabe verloren haben, die um so größer ausfällt, je kälter die äußere Temperatur ist. Im Winter muß

demnach dieser Verlust an Wärme weit bedeutender sein, als im Sommer, und je weiter im Norden wir leben, um so mehr muß er zunehmen, während umgekehrt, gegen den Aequator hin, dieser Verlust mehr und mehr abnimmt.

Ferner ist die Luft, die wir einathmen, nur sehr selten mit Wasserdampf gesättigt. Sie ist wohl nie vollkommen trocken, allein eben so selten auch tritt der entgegengesetzte Fall ein. Die ausgeathmete Luft dagegen ist nur in Ausnahmefällen nicht vollständig mit Wasserdampf gesättigt, und dieser Dampf kann nur durch Verdunstung der innerhalb der Lungen befindlichen Flüssigkeiten, d. h. des Blutes, geliefert werden. Nehmen wir nun auch an, daß ein Erwachsener täglich nicht mehr als ein halbes Pfund Wasserdampf in seinen Lungen bilde (eine Annahme, die nach den jetzt vorliegenden Thatsachen eher zu gering, als zu hoch ist), so erhalten wir dadurch ein Abkühlungsmoment, welches noch viel bedeutender einwirken dürfte, als die Erhitzung der eingeathmeten Luft. Denn es ist bekannt, daß ein fester Körper, welcher flüssig wird, oder eine Flüssigkeit, welche sich in Dampf verwandelt, einer bedeutenden Quantität Wärme bedarf, um in ihren neuen Zustand überzugehen; daß diese Wärme, welche man die latente nennt, sich an dem Thermometer nicht mehr fühlbar macht, und daß somit die Verdampfung einer gewissen Quantität Wasser in den Lungen eine bedeutende Abkühlung dieser letzteren erzeugen müsse. Diese Abkühlung aber kann in der That nicht nachgewiesen werden; die Lungen haben dieselbe Temperatur, wie alle inneren Organe des Körpers, für welche diese außerordentlichen Momente der Abkühlung nicht eintreten, und es kann demnach mit vollem Rechte aus dieser Thatsache gefolgert werden, daß in den Lungen noch eine besondere Wärmequelle existiren müsse, welche, trotz des Umstandes, daß ihnen beständig Wärme entzogen wird, sie doch auf einer constanten Temperatur erhält.

Wie wir oben sahen, liegt vielleicht ein Theil dieser Quelle in dem Verbrauche des Leberzuckers innerhalb der Lunge. Ob die Verbrennung desselben aber hinreicht, den Wärmeverlust der Lungen zu decken, ist eine andere Frage, die noch ungelöst erscheint. Jeden-

falls führen noch andere Beobachtungen zur Annahme eines Wärme erzeugenden Verbrennungsprocesses in den Lungen. Auffallend ist es wenigstens, daß bei alten Leuten, bei welchen die Intensität der Respiration bekanntlich sehr abnimmt, sich beinahe regelmäßig in den Lungen schwarze Massen absetzen, welche fast nur aus reinem Kohlenstoffe bestehen. Diese Absätze von Kohlenstoff sind nicht allein krankhafte, geschwulstartige Anhäufungen, die man unter dem Namen von Melanosen schon seit langer Zeit kennt; — sie erscheinen vielmehr in Form eines feinen Pulvers, das im Lungengewebe selbst sich anhäuft, und oft dasselbe so erfüllt und in so hohem Grade unwegsam macht, daß es Aerzte giebt, welche den Tod der Alten zum großen Theile dieser Anhäufung von Kohlenstoff in den Lungen zuschreiben. Sieht es nicht aus, als wenn hier der Kohlenstoff, der bei der langsamen und unvollständigen Respiration in den Lungen nicht verbrennen konnte, in seiner ursprünglichen Form in dem Gewebe abgelagert würde?

Eine unzweifelhafte Quelle der Wärmeentwickelung im menschlichen und thierischen Körper ist noch außerdem in der Bewegung zu finden; allein leider erscheint auch hier die genaue Bestimmung dieses Factors eben so schwierig und in ungemein weiten Grenzen schwankend, als die Anerkennung der Thatsache an sich allgemein ist. Wir wissen jetzt, daß Wärme und Bewegung sich in einander verwandeln, daß ein bestimmtes Maß von Bewegung oder mechanischer Arbeit einem bestimmten Maß von Wärme entspricht, daß also jeder Wärmeeinheit eine bestimmte Arbeitsgröße entspricht und umgekehrt. Wärme ist Bewegung und Bewegung Wärme — Bewegung muß also an und für sich Wärme entwickeln. Angestrengtes Umherlaufen und Bewegung der Füße wärmt diese mehr und nachhaltiger, als Annäherung an das Kamin, und bei Arbeiten im Freien während des Winters befinden wir uns wohl in Kleidern, die in der Ruhe uns kaum vor dem Erfrieren schützen würden. Der Einfluß der Bewegung ist also sicher schon ein durchaus unmittelbarer; der Armmuskel eines Mannes, welcher Holz sägt, erwärmt sich durch die anhaltenden Zusammenziehungen, die er macht, um mehr als einen Grad über

seine gewöhnliche Temperatur, es kann somit nicht in Zweifel gestellt werden, daß die Muskularbewegung an sich schon Wärme erzeugen müsse. In der That hat man durch genauere Versuche an abgeschnittenen Froschschenkeln, in welchen kein Blut mehr circulirte, und die man durch Reizung der Nerven zu wiederholten Zuckungen veranlaßte, gezeigt, daß durch diese Zusammenziehungen eine, wenn auch sehr kleine, meßbare Quantität von Wärme erzeugt werde.

Nicht nur durch unmittelbare Erzeugung von Wärme aber wirkt die Bewegung, sondern auch mittelbar durch Anfeuerung aller Functionen des Körpers. Lebhaftes Springen, Laufen, jede Anstrengung der Muskelkraft überhaupt beschleunigt die Athmung, wirkt dadurch belebend auf die Thätigkeit des Herzens ein, und fördert somit durch Anregung des Kreislaufes den Blutumlauf und den Stoffwechsel. Das Blut kreist schneller durch die Organe, die Metamorphose wird lebhafter, eben weil in schnellem Umschwunge das Blut der in der Ernährung gebildeten Auswurfsstoffe sich mit größerer Raschheit entledigen kann. Das Capillargefäßsystem der Organe ist aber, wie wir schon früher ausgeführt haben, der Sitz der chemischen Processe; in dem Gewebe der Organe selbst, das von den vielfachen feinen Röhren der Haargefäße durchzogen ist, geht jener Stoffwechsel vor sich, den wir als Ernährung bezeichnen und dessen Hauptaufgabe Bildung neuer organischer Formelemente und Zurücknahme aller verbrauchter Stoffe ist. Da, wo der Sitz der chemischen Processe des Körpers ist, muß aber auch der Heerd seiner Wärme sein; denn die chemischen Verbindungen sind es hauptsächlich, welche Wärme entwickeln. Sonach dürfen wir denn auch dreist behaupten, daß der Ernährungsproceß der Organe es sei, welcher die Quelle der thierischen Wärme liefert, und es liegen Thatsachen in hinreichender Zahl vor, welche beweisen, daß man sich die Wärme des menschlichen Körpers nicht so vorstellen muß, wie von einem einzelnen Punkte ausgehend, sondern daß vielmehr seine Temperatur das Resultat aller jener kleinen Wärmemengen ist, welche in jedem Momente des Körpers an allen Punkten seiner Theile

erzeugt werden. Man kann mit dem Thermometer in der Hand nachweisen, daß entzündete Theile eine höhere Temperatur besitzen, daß mithin die Empfindung von Hitze, welche bei jeder nur irgend wahren Entzündung sich einstellt, nicht nur auf einem subjectiven Gefühle der Nerven beruht, sondern in der That einen objectiven Grund besitzt. In entzündeten Theilen aber ist der Stoffwechsel in hohem Grade bethätigt, das Blut kreist vielleicht nur ganz im Anfange, sobald die Entzündung noch auf dem bloßen Stadium der Congestion stehen bleibt, schneller als im normalen Zustande. Später stockt das Blut völlig in den gelähmten Capillargefäßen, sein Plasma tritt aus in die umgebenden Theile, und bald entstehen nun Neubildungen verschiedener Art, je nachdem der Proceß der Entzündung mehr zu diesem oder jenem Ausgange neigt. Während der ganzen Zeit, wo dieser Proceß dauert, ist auch die Temperatur des Theiles bedeutend erhöht, und somit eine selbstständige Production von Wärme einzig durch die im Inneren des entzündeten Theiles vorgehenden chemischen Metamorphosen durchaus außer Zweifel gestellt.

Man darf indeß diese erhöhte Wärme, welche sich nicht nur dem Gefühle des Kranken, sondern auch dem Thermometer kund giebt, nicht mit den subjectiven Wärme- und Kältegefühlen verwechseln, die außerordentlich täuschend sein können. Die Empfindung von Wärme oder Kälte, welche ein Individuum hat, hängt weit mehr von dem Zustande seines Nervensystemes, als von dem wirklichen Temperaturunterschiede ab. Wir werden in einem späteren Briefe sehen, daß die Hautnerven lediglich mit der Vermittelung des Wärmegefühls betraut sind, und daß in Folge krankhafter Zustände in dieser Beziehung große subjective Irrthümer stattfinden können, lehrt die ärztliche Erfahrung. Bei dem Wechselfieber wechseln bekanntlich drei scharf abgeschnittene Stadien regelmäßig mit einander ab. Der Kranke bekommt einen Frostanfall, gegen den Decken und warme Krüge nicht schützen; dann folgt trockene Hitze, und endlich bricht reichlicher Schweiß aus, der den Anfall endet. Schiebt man ein Thermometer in die Achselhöhle (der geeignetste Ort, um an Erwach-

senen Untersuchungen dieser Art anzustellen), so sieht man, den Empfindungen der Kranken gerade entgegengesetzt, das Quecksilber noch vor dem Beginne des Frostanfalles steigen und dies Steigen während des Frostes fortdauern. Gegen das Ende des Schüttelfrostes, wo der Kranke vor Kälte am ganzen Leibe zittert und mit den Zähnen klappert, erreicht das Thermometer seine größte Höhe und zeigt somit statt einer Verminderung eine Vermehrung der inneren Wärme im Froststadium an; im Hitzestadium ist es von dieser Höhe schon wieder herabgesunken, und dieses Sinken dauert während des Schweißes fort, bis an dem Ende des Anfalles das Thermometer seine normale Höhe wieder erlangt hat. Man sieht also, daß man wohl unterscheiden muß zwischen dem subjectiven Wärmegefühl, welches beim Individuum auch unabhängig von äußeren Einflüssen in verschiedener Weise entwickelt werden kann, und dem objectiven Wärmegrade, den unsere Instrumente anzeigen. Ein ähnlicher Unterschied ist auch zu machen in den Empfindungen, welche die berührende Hand uns selber mittheilt. Die Aerzte unterscheiden mit vollem Rechte verschiedene Art von Hitze, die oft auf verschiedene Krankheitsprocesse deuten. Bei manchen Kranken empfindet die aufgelegte Hand eine unangenehm stechende Hitze, bei anderen eine Vermehrung der Temperatur, die aber kein unangenehmes Gefühl erregt, bei noch anderen endlich scheint die Temperatur kaum verändert. Es ist möglich, daß das Thermometer bei den drei so verschiedenen Kranken durchaus denselben Grad der Temperatur angiebt. Die Haut in ihren verschiedenen Zuständen der Spannung und Erschlaffung, der Blutleere und der Blutfülle hat offenbar eine verschiedene Leitungsfähigkeit für die Wärme, und hiernach, nicht nach dem wirklichen Wärmegrade, urtheilt unsere fühlende Hand. Man lege ein Stück Eisen und ein Stück Holz neben einander auf einen geheizten Ofen, bis beide dessen Temperatur angenommen haben. Man wird das Holz mit der bloßen Hand anfassen und bei Seite legen können, während man sich an dem Eisen verbrennt, und dennoch wird das Thermometer genau denselben Wärmegrad für beide anzeigen. Wir fühlen mit unserer

Hand nicht nur den Unterschied der Temperatur, wir sind auch empfindlich für die absolute Menge von Wärme, welche in einer gegebenen Zeit von einem Körper auf uns überströmt. Das Eisen aber, ein guter Leiter, giebt unmittelbar bei der Berührung eine große Wärmemenge ab, die aus dem Holze erst nach längerer Zeit überströmt. Die verschiedene Wärmeempfindung, welche wir bei der Berührung von Kranken haben, die dem Thermometer noch dieselbe Wärme anzeigen, beruht sicherlich auf demselben Grunde.

Sollen wir nun unsere Untersuchungen über die Erzeugung der Wärme im thierischen Körper zusammenfassen, so sehen wir, daß in dieser Erzeugung selbst gewissermaßen das Resultat aller verschiedenen Lebensprocesse gegeben ist, und daß die Wärme eine höchst veränderliche Größe ist, zusammengesetzt aus einer Menge veränderlicher Factoren, deren Einzelsummen oft der unmittelbaren Beobachtung sich entziehen. Nicht nur der Stoffwechsel allein findet seinen Ausdruck in dieser Wärmeerzeugung; auch alle übrigen dem Nervenleben angehörigen Processe üben mittelbar durch Niederhaltung oder Anfeuerung des Stoffwechsels ihren Einfluß in dieser Beziehung aus. Es ist keine leere Phrase, wenn man sagt, daß man sich von begeisternder Rede erwärmt, von langweiligem Geschwätze erkältet fühle. Die Anregung erhöhter Thätigkeit des Gehirnes bedingt schnelleren Stoffwechsel in diesem Organe selbst, schnelleren Blutlauf, erhöhte Thätigkeit in allen Organen des Körpers und damit auch erhöhte Wärme. Die Erregung oder Erschlaffung der Gefäßnerven bewirkt geringeren oder größeren Blutzudrang zu den einzelnen Organen, verringert oder erhöht also deren Wärme. Das Blut selbst aber in seinem ununterbrochenen Kreislaufe ist der regulirende Strom, der überall vermittelt und ausgleicht. Erhitzten Stellen oder Organen entzieht es Wärme, an erkältete gibt es ab; je schneller sein Umschwung, desto vollständiger ist diese Ausgleichung und deshalb begreift es sich auch, weshalb die Schnelligkeit der Erkältung eines Körpers in directem Verhältniß zu der Zahl der Herzschläge steht.

Zum Beschlusse dieses Briefes muß ich nun eine Hypothese erwähnen, die noch jetzt in vielen Köpfen spukt und deren leicht

vorauszusehender Tod erst dann folgen wird, wenn die hier entwickelten Ansichten durch genaue experimentelle Thatsachen ihre Bestätigung gefunden haben werden. Diese Hypothese besteht einfach darin, daß man den Nerven oder dem unbekannten Räthsel der Lebenskraft die Erzeugung der thierischen Wärme zuschreibt. Wie man den gewöhnlichen Bewegungs- und Gefühlsnerven, die von den Gefäßnerven durchaus verschieden sind, noch eine solche Function ertheilen könne, ist mir unbegreiflich. Ein Glied, an welchem man die Nerven durchschnitten hat, behält darum nichts desto weniger so lange seine normale Temperatur bei, als die Ernährung nicht unter der Lähmung leidet. Den Effect des Sinkens der Temperatur in diesem Falle aber den Nerven zuschreiben zu wollen, ist durchaus unthunlich. Es ist bekannt, daß Glieder, deren Bewegung aus einem oder dem anderen Grunde lange Zeit nicht geübt wurde, in ihrer Ernährung abnehmen und magerer werden; bei Beinbrüchen kann man alltäglich die Erfahrung machen, daß auch das gesunde Bein während des langen Liegens im Bett bedeutend abgemagert ist. Bei Klumpfüßen, wo durch die Difformität des Fußes die Wadenmuskeln ganz außer Thätigkeit kommen, schrumpfen diese ein, ohne daß nur die Nerven im mindesten krankhaft afficirt wären, und die Ernährung nimmt so ab, daß die Kranken beständig Kälte an dem unförmigen Fuße empfinden. Der gleiche Fall tritt bei Lähmungen und Durchschneidungen der Nerven ein, das geringe Sinken in der Temperatur des betreffenden Theiles, das meist erst nach Monate langer Aufhebung des Nerveneinflusses eintritt, kann nur dem Leiden der Ernährung im Ganzen zugeschrieben werden. Um sich davon zu überzeugen, braucht man nur vergleichende Versuche an Thieren anzustellen, indem man bei dem einen die Blutgefäße der Extremitäten unterbindet, bei dem andern die Nerven durchschneidet. In dem Fuße, wo man die Circulation des Blutes unmöglich gemacht hat, kann man die Abnahme der Temperatur von Stunde zu Stunde mit dem Thermometer in der Hand constatiren; da wo der Nerveneinfluß aufgehoben wurde, ist keine solche Abnahme bemerklich.

Die Lebenskraft endlich gehört zu der Zahl jener Hinterthüren, deren man so manche in der Wissenschaft besitzt und die stets der Zufluchtsort müssiger Geister sein werden, welche sich die Mühe nicht nehmen mögen, etwas ihnen Unbegreifliches zu erforschen, sondern sich begnügen, das scheinbare Wunder anzustaunen. — Die Medicin ist besonders erfinderisch in dieser Beziehung. Guter Gott! was sollte aus der Praxis werden, wenn wir nicht den Rheumatismus, die Hypochondrie und Hysterie hätten; drei jener Rumpelkammern, in welche wir alles werfen, von dem wir nichts Genaueres wissen. Als man die Elektricität noch nicht kannte, hielt man den Donner für eine übernatürliche Erscheinung, je weiter man aber in der Kenntniß der Natur fortschritt, desto mehr schwand das Geheimnißvolle. Ein gleiches Verhältniß haben wir in der Physiologie; die Lebenskraft ist jenes unbekannte X, das überall im Hintergrunde steht, das stets ausweicht, wo man es fassen will, und dessen Reich um so weiter zurückgedrängt wird, je weiter voran die Wissenschaft ihre Fackel trägt. Noch zu Anfange unseres Jahrhunderts gab es keine Function des Körpers, worin nicht dies unbekannte Element der Lebenskraft eine bedeutende Rolle gespielt hätte; — die Berufung auf sie zur Erklärung einer vorliegenden Thatsache hat jetzt schon keinen wissenschaftlichen Werth mehr, sie ist nur eine Umschreibung der Unwissenheit.

Zweite Abtheilung.

Das animalische Leben.

Zehnter Brief.

Das Nervensystem.

Der Schädel des Menschen und der höheren Wirbelthiere bildet eine hohle Kapsel, aus einzelnen Knochenstücken in der Weise zusammengefügt, daß nur hie und da kleine Löcher für Nerven und Blutgefäße übrig bleiben, sonst aber ein vollkommen hermetischer Gewölbeschluß erzielt wird. Diese Kapsel wird bei dem Menschen aufrecht auf der Wirbelsäule getragen, welche einen Hohlcylinder darstellt, der aus einzelnen, auf einander geschichteten Ringen, den Wirbeln, zusammengesetzt ist. Die einzelnen Wirbel sind durch Gelenke und elastische Zwischenplatten sowohl unter sich als mit dem Schädel verbunden, und ihr vorderer, der Bauchfläche zugekehrter Theil ist stärker angeschwollen, so daß man an jedem Ringe den einer dicken rundlichen Scheibe gleichenden Körper des Wirbels von dem Bogentheil, welcher den inneren Kanal nach hinten zu umschließt, unterscheiden kann. In der von Schädel und Wirbelsäule auf diese Weise gebildeten Höhle, die innen von einer glänzenden, dichten, sehnigen Haut, der harten Hirnhaut, luftdicht ausgekleidet wird, ist nun das Centralnervensystem, das Gehirn und Rückenmark, eingeschlossen, und zwar in der Weise, daß bei aufrechter Stellung das Hirn auf der Schädelbasis aufruht, die in ihrem vorderen Theile etwa der Decke der Augenhöhle entspricht, während das Rückenmark frei in dem Rückenkanale aufgehängt und nur durch seine häutigen Umhüllungen, sowie durch die Blutgefäße und die von ihm abgehenden Nerven an den Wänden befestigt ist.

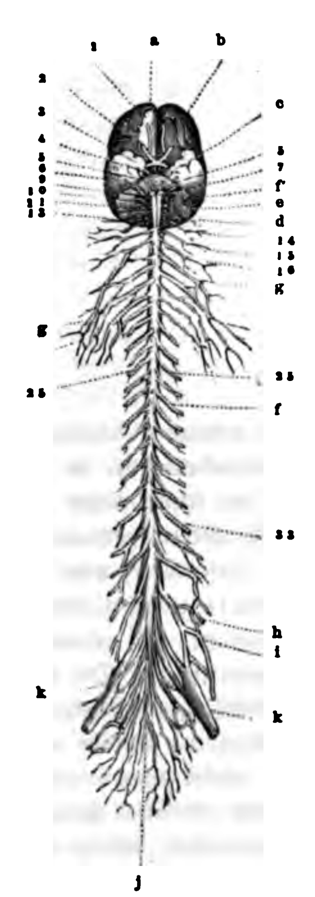


Fig. 36. Das Centralnervensystem des Menschen von der Bauchfläche aus. a. Gehirn. b. Vorderlappen des großen Gehirnes. c. Mittellappen. d. Hinterlappen, vom kleinen Gehirne fast verdeckt. e. Kleines Gehirn. f'. Verlängertes Mark. f. Rückenmark. 1. Geruchsnerv. 2. Sehnerv. 3. Augenmuskelnerv. 4. Pathetischer Nerv. 5. Dreigetheilter Nerv. 6. Abziehnerv des Auges, über die Varols-Brücke herüber laufend. 7. Antlitz- und Hörnerve. 9. Geschmacksnerve. 10. Herumschweifender Nerve. 11. Beinerve und Zungenmuskelnerve. 13—16. Die vier ersten Halsnerven. g. Halsnerven, die das Armgeflecht bilden. 25. Rückennerven. 33. Lendennerven. h. Lenden- und Kreuzbeinnerven zum Hüftgeflecht zusammentretend. i. Die letzten Nerven, die noch eine Strecke im Rückenmarkskanal fortlaufen und den sogenannten Pferdeschweif (cauda equina) bilden. j. Der unpaare Endungsnerve des Rückenmarkes. k. Der Hüftnerv (Nervus ischiadicus).

Jedermann kennt das eigenthümliche Aussehen der weichen, fast breiartigen Substanz, aus welcher Hirn und Rückenmark zusammengesetzt sind. Man weiß, daß diese Substanz eine theils hellweiße, theils graue oder grauröthliche Farbe hat, und daß an dem frischen Gehirne ein großer Reichthum von Blutgefäßen und auf dem Durchschnitte überall feine Blutpünktchen sich zeigen. Ebenso weiß Jeder, daß das Rückenmark die sehr einfache Form eines langen, nach unten zugespitzten rundlichen Stranges zeigt, der bei dem Menschen etwa bis in die

Gegend des zweiten Lendenwirbels reicht und nur je in der Hals- und Lendengegend, an dem Abgangspunkte der die Arm- und Hüftgeflechte bildenden großen Nerven eine geringe Anschwellung zeigt, sonst aber in seiner ganzen Länge stets dasselbe Aussehen besitzt. Die Bauch- und Rückenfläche des Rückenmarkes, die man auch, der menschlichen aufrechten Stellung zufolge, die vordere und hintere Fläche nennt, sind etwas abgeplattet und zeigen in der Mittellinie eine feine Furche oder Spalte, wodurch das Rückenmark in zwei symmetrische Seitenhälften geschieden wird, die nur in der Mitte durch einen schmalen Verbindungstheil zusammenhängen. Im Centrum des Rückenmarkes findet sich ein feiner Längskanal, der um so weiter ist, je jünger das Individuum, und den man den Centralkanal nennt. Auch zwei flache seitliche Furchen lassen sich, wenn auch mit größerer Unbestimmtheit, unterscheiden. Das Rückenmark erscheint von außen vollkommen weiß; schneidet man es aber durch, so sieht man, daß die weiße Masse nur außen umher sich findet, dagegen im Inneren um den Kanal herum graue Substanz, deren Anordnung etwa der Form eines X gleicht. Stellt man sich also den Durchschnitt im Cylinder verlängert vor, so bildet die graue Substanz einen Strang mit vier Hohlkehlen, die durch weiße Substanz ausgefüllt sind und deren vorragende Leisten, die man die Hörner genannt hat, die weiße Substanz in mehrere Stränge theilen. In der That hat man in Folge dieser Anordnung die hinteren weißen Stränge, im Umkreise der hinteren Hörner gelegen, die zwischen den Hörnern gelegenen Seitenstränge und die Vorderstränge auf der den Hintersträngen entgegengesetzten Fläche unterschieden; — eine Unterscheidung, die deshalb eine große Bedeutung gewinnt, weil, wie wir sehen werden, die physiologischen Functionen der Vorder- und Hinterstränge durchaus verschieden sind. In regelmäßigen Absätzen, den Wirbeln entsprechend, entspringen von dem Rückenmarke zu beiden Seiten die Nerven, deren es 31 Paare giebt, die zwischen je zwei Wirbeln durch ein besonderes Loch nach außen bringen und sich in dem Körper verbreiten.

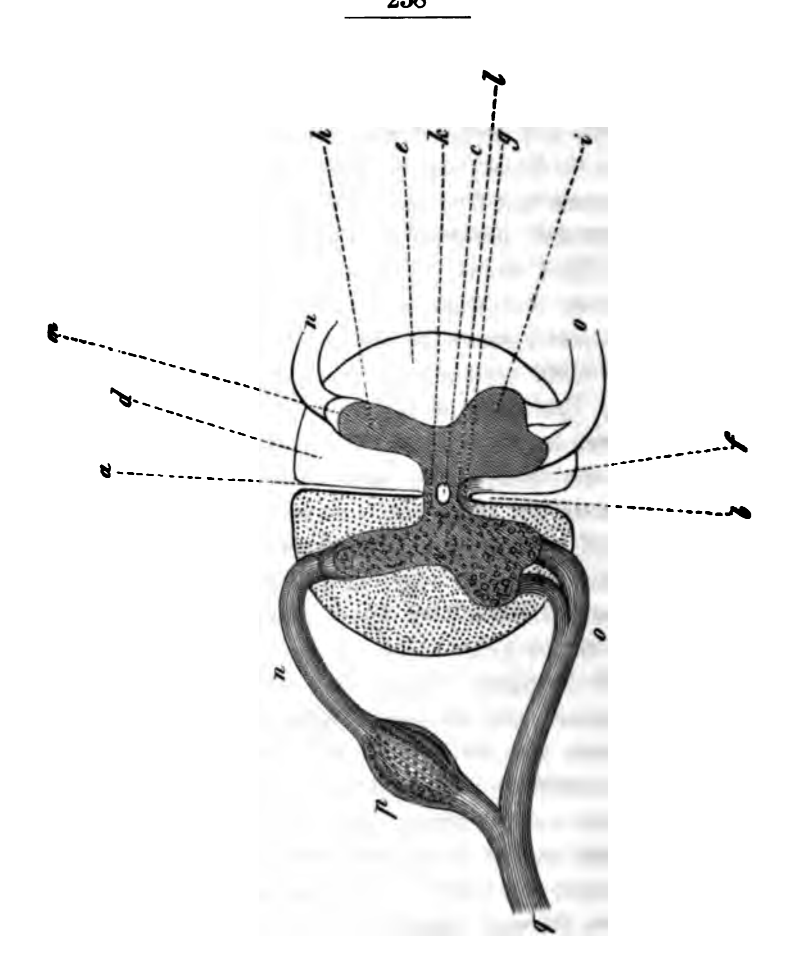


Fig. 37.

Vergrößerter und schematisch gehaltener Durchschnitt des menschlichen Rückenmarkes am Anfange der Lendengegend. a. Hintere, b. vordere Spalte; — c. Centralkanal; — d. Hinterstränge, e. Seitenstränge, f. Vorderstränge, g. Vorderbrücke (vordere Commissur) der weißen Substanz; — h. hintere Hörner, i. vordere Hörner, k. Hinterbrücke, l. Vorderbrücke der grauen Substanz; — m. gelatinöse Substanz; — n. hintere, o. vordere Wurzeln der Nerven; — p. Ganglion der hinteren Wurzeln; — q. der aus der Vereinigung beider Wurzeln entstehende gemischte Körpernerve.

Jeder dieser Nerven entspringt mit zwei Wurzeln, einer vorderen, welche von den Vordersträngen, einer hinteren, welche von den hinteren Strängen und Hörnern abgeht und vor ihrer Vereinigung mit der vorderen Wurzel eine Anschwellung, ein sogenanntes Ganglion, bildet.

Bei weitem nicht so einfach wie derjenige des Rückenmarkes ist der anatomische Bau des Gehirnes. Hier treten uns sowohl im Aeußeren als auch im Inneren eine Menge von Formgestaltungen entgegen, auf die wenigstens einigermaßen näher einzutreten wir uns nicht versagen dürfen, da mit der Bedeutung einzelner dieser Theile und ihrer Beziehung sowohl zur Empfindung, als Bewegung, wie auch zu den höheren Verrichtungen des Gehirnes, ein oft gewagtes Spiel getrieben worden ist. In die Einzelheiten einzugehen dürfte indeß für unseren Zweck um so weniger geeignet erscheinen, als gerade bei dem Gehirne die Kenntniß der gröberen anatomischen Structur oft in gar keinem Zusammenhange mit der Analyse der Functionen selbst und den darüber bekannten Thatsachen steht.

Aus der Entwickelung des Gehirnes und Rückenmarkes sowohl, wie aus der vergleichenden Anatomie der Wirbelthiere läßt sich darthun, daß das Centralnervensystem anfänglich aus einer zusammenhängenden Reihe mehr oder minder geschlossener Räume gebildet ist. Längs der Wirbelsäule des Embryo findet sich als erste Anlage des Rückenmarks ein cylindrisches Rohr, an dessen vorderem Ende drei Blasen aufsitzen, welche hinter einander gelegen, die verschiedenen Theile des Gehirnes andeuten und die man füglich von vorne nach hinten mit dem Namen Vorderhirn, Mittelhirn und Hinterhirn belegen kann. Directe Fortsetzung des letzteren ist das Rückenmarksrohr. Die genannten Räume sind mit mehr oder minder gallertartiger Flüssigkeit erfüllt und auf ihrem Boden bilden sich Ansammlungen festerer Substanz, die allmählich längs der Wände der Gehirnblasen in die Höhe steigen und gewölbartig nach oben fortschreiten, bis sie sich in der oberen Mittellinie begegnen. Erst wenn diese Begegnung an gewissen Stellen vollendet ist (an anderen erfüllt sie

sich gar nicht), erst dann erfolgt auch Anhäufung von festerer Masse nach innen gegen den Kanal selbst hin; — der von Flüssigkeit erfüllte Raum nimmt mehr und mehr ab und bei dem erwachsenen Menschen endlich bleiben nur einzelne unbedeutende Höhlenräume zwischen den verschiedenen Gehirntheilen übrig, während der übrige Schädelraum und Wirbelkanal von festerer Substanz erfüllt ist.

Es geht schon aus dieser kurzen Skizze der Entwickelungsgeschichte des Centralnervensystemes hervor, daß man zweierlei Gebilde daran unterscheiden kann, deren Geschichte wesentlich von einander verschieden ist, nämlich einerseits den Hirnstamm oder die ursprünglichen Theile, welche sich auf dem Boden der Gehirnblasen und des Rückenrohres absetzen, und andererseits die Gewölbtheile, welche, auf dem Hirnstamme aufsitzend, den Schluß der festen Theile nach oben und die Ausfüllung der Höhlenräume von oben und den Seiten her bedingten. Jede der drei ursprünglichen Hirnmassen hat so den auf dem Grunde sich durchziehenden Hirnstamm und einen darüber aufgesetzten Gewölbtheil, dessen Entwickelung bei den verschiedenen Klassen und Arten von Thieren sehr verschieden ist. Die wesentlichen Unterschiede, welche man in der Bildung des Gehirnes der Wirbelthiere sieht, hängen meist von dem Umstande ab, daß die Gewölbtheile der verschiedenen Hirnmassen sich ungleichmäßig entwickeln, daß bei der einen Art das Vorderhirn, bei einer andern das Mittel- oder Hinterhirn übermäßig sich ausbildet, und die anderen Theile dadurch in ihrer Entwickelung gehemmt, überbaut und zurückgedrängt werden, so daß sie nur noch in rudimentären Verhältnissen sich finden. So stehen bei dem Menschen namentlich die Theile des Mittelhirns durchaus in keinem Verhältnisse zu dem Vorderhirn, dessen Gewölbtheil unverhältnißmäßig sich vergrößert und so nach hinten über das Mittelhirn und das Hinterhirn hinüberschlägt, daß dieselben dem Blicke von allen Seiten entzogen sind und erst nach Abtragung oder Zurückschlagung des Vorderhirnes gesehen werden können.

Die Gewölbebildung ist an dem menschlichen Gehirne bei

dem Vorderhirne am Deutlichsten wahrnehmbar. Deckt man den Schädel eines Menschen ab, so sieht man zwei große, in der Mitte getrennte ovale Massen, deren Oberfläche zahlreiche, in einander gefaltete Windungen zeigt und die den ganzen oberen Schädelraum erfüllen. Vorne ruhen diese Massen auf dem knöchernen Dache der Augenhöhlen, hinten werden sie von einem eigenen häutigen Vorsprunge getragen, der so an der inneren Fläche des Hinterhauptes angebracht ist, daß er fast in derselben Horizontalebene liegt, wie das Dach der Augenhöhlen. Diese gewundenen Massen sind die Gewölbtheile des Vorderhirns, oder in der anatomischen Kunstsprache die **Hirnlappen** oder **Hemisphären** des großen Gehirnes.

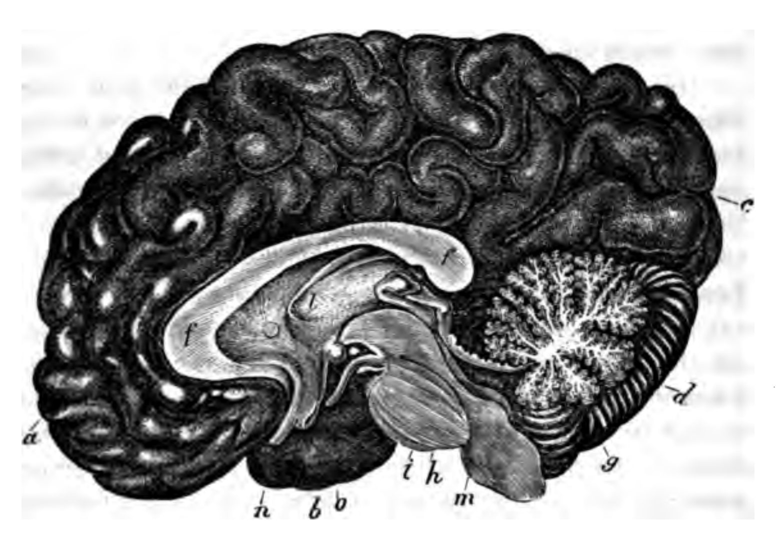


Fig. 38. Senkrechter Durchschnitt in der Richtung der Hirnsichel nach nnten geführt, so daß nur die Verbindungstheile der beiden Hemisphären durchschnitten sind. a. Vorderlappen; b. Mittellappen; c. Hinterlappen der Großhirnhemisphäre. d. Kleines Gehirn. Sein Mitteltheil, der sogen. Wurm, zeigt auf dem Durchschnitte den sogen. Lebensbaum, die weiße Marksubstanz, die überall von grauer Substanz eingefaßt ist. f. Der Balken. g. Seitentheil des kleinen Gehirnes. h, i. Die Varolsbrücke, durchschnitten. l. Die durchsichtige Scheidewand (Septum pellucidum). m. Das verlängerte Mark. n. Sehnerv. o. Zugang zum Hirntrichter.

Der Spalt, welcher beide Hemisphären in der Mittellinie trennt, geht vorn bis auf das knöcherne Dach der Augenhöhle, hinten bis auf das häutige Zelt am Hinterhaupte durch, und in ihn senkt sich eine senkrechte Falte der sehnigen harten Hirnhaut (dura mater), welche die große Hirnsichel genannt wird (s. Fig. 52 auf S. 266, wo die Hirnsichel erhalten ist). Das häutige Zelt des Hinterhauptes, auf welchem der hintere Theil der Hemisphären ruht, ist eine eben solche, nur horizontal gestellte Falte der harten Hirnhaut, die zur Trennung von dem kleinen Gehirne dient. In dem Raume, welchen die Hirnsichel frei läßt, wird der Zusammenhang der beiden Hemisphären durch eine breite Masse vermittelt, deren obere Fläche man leicht zur Anschauung bekommt, wenn man die beiden Hälften des Gehirnes etwas seitlich auseinander drückt.

Die weiße, aus queren Fasern gebildete Masse heißt der Schwielenkörper oder der Balken. Schneidet man diesen Balken etwas auf der Seite senkrecht durch, so trifft man auf eine innere Höhle, welche nach hinten zu noch von einer besonderen Markausbreitung, dem sogenannten Gewölbe, überdeckt und geschlossen ist. Die beiden seitlichen Hirnhöhlen, welche in jeder Hemisphäre sich finden, haben eine sehr unregelmäßige Gestalt, und laufen in mehrere Fortsetzungen, sogenannte Hörner aus, auf deren Form wir nicht weiter eingehen können. Die ganze Hirnmasse aber, welche über und neben den Hirnhöhlen angelagert ist und die mehr als zwei Drittel des gesammten Gehirnes ausmacht, ist Gewölbtheil des Vorderhirnes. Nur diejenige Masse, welche den Boden dieser Hirnhöhlen bildet, gehört dem Stamme des Vorderhirnes an (s. Fig. 39, S. 243). In diesem Vorderhirnstamme unterscheidet man zwei Paare von Anschwellungen: eine vordere, den sogenannten Streifenhügel, welche hauptsächlich mit dem Riechnerven, eine hintere, die Sehhügel, welche mit dem Sehnerven in Beziehung zu stehen scheinen.

Tief versteckt unter den hinteren Lappen der großen Hemisphären findet sich eine mittlere unpaare Erhabenheit, etwa von



Fig. 89.

Der Hirnstamm aus den Gewölbtheilen herausgelöst und für sich dargestellt. 1. Der Sehhügel; 2. dessen hinterer Theil. 3, 4. Die Kniehöcker, besondere schleifenartige, zum Sehhügel gehörige Theile. 5. Anfang des Sehnerven. 6. Die Zirbeldrüse. 7, 8. Vorderer und hinterer Hügel der Vierhügel. 9. und a. Verbindungstheile derselben zum Hirnstamme. b. Ursprung des pathetischen Nerven. c. Verbindungstheil zwischen kleinem Gehirn und Vierhügeln (Kleinhirnschenkel zu den Vierhügeln). d. Ein Theil desselben, die Schleife genannt. e, f. Großhirnschenkel. g. Gemeinschaftlicher Augenmuskelnerv. h. Varolsbrücke. i. Kleinhirnschenkel zur Brücke. k. Kleinhirnschenkel zum verlängerten Marke. l. Dreigetheilter Nerve. m. Abziehnerve des Auges. n. Antlitz- und Hörnerve. o. Olivenkörper. p. Pyramidenkörper. q. Rückenmarksfurche. r. Strangförmiger Körper. s. Rückenmark. t. Rautengrube.

Haselnußgröße, die durch zwei sich kreuzende Furchen in zwei ungleiche Hügelpaare getheilt ist. Man nennt diese Erhabenheit die **Vierhügel**. Sie wird in ihrem Inneren längs der Mittellinie von einem Kanale durchbohrt, der sogenannten **Sylvischen Wasserleitung**, welcher mit den übrigen Hirnhöhlen in directem Zusammenhange steht. Auf diese Weise werden die Vierhügel, dieser schwache Rest des Mittelhirnes, ebenfalls in einen oberen Gewölbtheil und einen unteren Stammtheil getrennt.

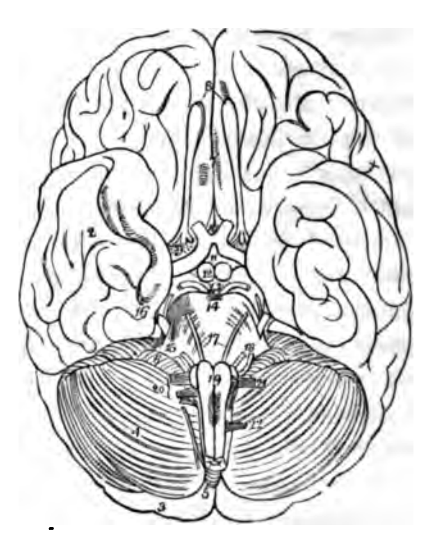


Fig. 40.

Ansicht des menschlichen Gehirnes von unten (Hirnbasis). 1. Vorderlappen; 2. Mittellappen; 3. Hinterlappen der Großhirnhemisphäre. 4. Hemisphären des kleinen Gehirnes. 5. Mitteltheil (Wurm) des kleinen Gehirnes. 6. Vorderes getrenntes Läppchen (Flocke) der Kleinhirnhemisphäre. 7. Untere Längsspalte des großen Gehirnes. 8. Riechnerven. (Erstes Paar.) 9. Austritt der Riechnerven aus dem Hirnstamme. 10. Kreuzung der Sehnerven. Chiasma nervorum opticorum. (Zweites Paar.) 11. Grauer Hügel. 12. Zitzenkörper, beides Anschwellungen auf der unteren Fläche des Hirnstammes hinter der Sehnervenkreuzung. 13. Augenmuskelnerv. Oculomotorius. (Drittes Paar.) 14. Varolsbrücke. 15. Kleinhirnschenkel zur Brücke; 16. Dreigetheilter Nerv. Nervus trigeminus. (Fünftes Paar.) Unmittelbar davor das weit dünnere, vierte Paar, N. patheticus oder trochlearis. 17. Abziehnerve des Auges. N. abducens. (Sechstes Paar.) 18. Antlitznerve und Hörnerve. N. facialis und N. acusticus. (Siebentes und achtes Paar.) 19. Pyramidenkörper des verlängerten Markes. Zu ihrer Seite nach Außen die Olivenkörper. 20. Zungenschlundkopfnerve, herumschweifender Nerve und Beinerve. N. glossopharyngeus, vagus und accessorius Willisii. (Neuntes, zehntes und elftes Paar.) 21. Muskelnerve der Zunge. N. hypoglossus. (Zwölftes Paar.) 22. Erster Halsnerve.

Im Hinterhirne endlich sind Stamm und Gewölbe auf auffallendste Weise getrennt. Der Stammtheil wird von dem verlängerten Marke gebildet, das aus mehreren gesonderten

Strängen, den Oliven, Pyramiden und strangförmigen Körpern (s. Fig. 39, S. 243) zusammengesetzt ist und nach vorn zu einem bedeutenderen Knoten anschwillt, in welchem man quere Fasern unterscheidet, und der die Brücke (pons Varoli) heißt. Von dem verlängerten Marke und der Umgegend der Brücke entspringen die meisten Hirnnerven und ebenso gehen von hier aus Ausstrahlungen weißer Marksubstanz, welche die Grundlagen der Gewölbtheile bilden und die man die Hirnschenkel nennt. Man unterscheidet hauptsächlich die Großhirnschenkel und die Schenkel des kleinen Gehirnes, welches über dem verlängerten Marke aufliegt und durch das quere Hirnzelt von den Hemisphären des großen Gehirnes getrennt ist. Durch tief einschneidende Furchen, die eine quere Bogenrichtung haben, ist das kleine Gehirn in eine Menge einzelner Blätter getheilt und zeigt auf dem Durchschnitte eine baumartige Vertheilung der inneren weißen Masse, welche die alten Anatomen mit dem Namen des Lebensbaumes bezeichneten. Auf der oberen Fläche des verlängerten Markes öffnet sich da, wo das kleine Gehirn aufliegt, der Rückenmarkskanal mit einer länglichen Vertiefung, welche die Rautengrube genannt wird, und setzt sich dann unter dem kleinen Gehirne, den Großhirnschenkeln bis zwischen die Sehhügel fort, wo er einerseits mit den großen Hirnhöhlen, andererseits mit einem trichterförmigen Anhange nach unten, den man den Hirntrichter genannt hat, sich vereinigt. Diese sämmtlichen mit einander in Verbindung stehenden Höhlen, die nur der Rest des bei dem Embryo bestehenden Raumes sind, der allmählich durch die Wucherung der Nervensubstanz ausgefüllt wurde, sind mit einem eiweißhaltigen Wasser erfüllt, welches auch das Nervensystem von außen umspült und das Hirnwasser genannt wird. Bei dem angeborenen Wasserkopfe der Kinder ist dieses Hirnwasser außerordentlich vermehrt, so daß die Hirnsubstanz selbst und namentlich die Gewölbtheile derselben oft auf eine unbedeutende Schicht reducirt sind.

Die weiche, fast breiartige Substanz des Gehirnes und die außerordentliche Veränderlichkeit seiner Elementartheile, die schon unmittelbar nach dem Tode beginnt, hat lange der Erkenntniß

seiner Structur bedeutende Hindernisse in den Weg gelegt. Man wußte schon aus dem äußeren Anblicke, daß man eine weiße Masse unterscheiden konnte, welche deutlich gefaserten Bau besaß, und eine mehr oder minder grauröthlich gefärbte Substanz, die in geringerer Menge vertheilt keine solche gefaserte Structur zeigte, und in der man, je nach Färbung und Textur, noch verschiedene geringere Modificationen unter dem Namen der gelben, rostfarbigen oder schwarzen Substanz unterschied. Die graue Substanz zeigt sich in sehr verschiedenen Verhältnissen. Im Rückenmarke liegt sie, wie schon bemerkt, in der Mitte rund um den Kanal herum, rings umgeben von weißer Substanz, eine Art Strang bildend, der vier ausgeschweifte Kanten hat, so daß ihr Durchschnitt als ein liegendes Kreuz erscheint; im Gehirne bildet sie einzelne, mehr oder minder scharf getrennte Kerne, die oft mit weißer Substanz mannigfach durchflochten sind. Außerdem ist noch die äußerste Oberfläche des Gehirnes von mehreren dünnen Lagen grauer Substanz gebildet, zwischen welche Blättchen weißer Substanz sich einschieben. Das wechselseitige Verhältniß der Elementartheile dieser verschiedenen Substanzen zu einander zu entwirren, ist aber bis jetzt noch nicht vollständig gelungen, und um dasselbe begreifen zu können, müssen wir zuvor auf die Structur der mit dem Centralnervensysteme in Zusammenhang stehenden und von denselben ausstrahlenden Nerven selbst eingehen.

Während wir in dem Centralnervensysteme ein in sich abgeschlossenes Ganzes finden, das, ringsum von knöchernen Wänden eingeschlossen, schon durch diese Abgeschlossenheit die Concentrirung seiner Functionen andeutet, sehen wir im Gegentheile die peripherischen Nerven überallhin durch den Körper verbreitet, alle Organe umspinnend und durchsetzend, und auf diese Weise einen directen Zusammenhang der Körpertheile mit dem Centralnervensystem herstellend. Man begeht im gemeinen Leben noch oft den Fehler, die Nerven mit den Muskeln, besonders aber mit den Sehnen zu verwechseln, welche durch ihr äußeres Ansehen eine geringe Aehnlichkeit darbieten. Man hört ganz gewöhnlich von einer Wunde, welche die Sehnen oder

Flechsen eines Gliedes getroffen und dadurch eine Lähmung hervorgebracht hat, es seien die Nerven durchschnitten worden; ein nerviger Arm und ähnliche Zustände sind gang und gäbe, wenn man von einem stark gebauten, muskulösen Gliede sprechen will. Die Nervenstämme, selbst die dicksten, welche wir besitzen, sind nicht so bedeutend, daß sie unter der Haut vorträten; — es sind dünne, weiße, glänzende Stränge, welche meist von dem Centralnervensysteme her durch alle Theile des Körpers sich verbreiten, stets sich schwächend, indem sie Aeste abgeben und endlich in so dünne Zweiglein sich theilen, daß sie sich dem Auge entziehen.

Dem äußeren Ansehen nach kann man schon zweierlei Arten von Nerven im menschlichen Körper unterscheiden. Die einen haben die beschriebene atlasglänzende Weiße, eine gewisse Festigkeit und einen mehr gradlinigen Verlauf; man kann sie von einem Theile ihres Stammes aus einerseits bis zu dem Centralnervensysteme verfolgen, aus welchem sie mit gesonderten Wurzeln entspringen, während sie anderseits in dem Körper sich an die einzelnen Sinnesorgane, an die Muskeln und die Haut zertheilen. Man nennt diese Nerven, da sie evident aus dem Gehirne und Rückenmark entspringen, die Hirn- und Rückenmarknerven oder Cerebrospinalnerven. Dagegen findet man namentlich an den Eingeweiden und den Blutgefäßen röthlich-graue, weiche, vielfach untereinander verflochtene Fasern, die keine deutlichen Stämme und Zweige bilden, mit röthlich-weichen Knötchen, sogenannten Ganglien, in Verbindung stehen und als deren Hauptsammelplatz ein knotiger Grenzstrang erscheint, welcher auf der vorderen Fläche des Rückgrates jederseits von oben nach unten verläuft und durch Verbindungsäste mit den meisten Hirn- und Rückenmarksnerven, nicht aber direct mit den Centralorganen in Verbindung zu stehen scheint. Man nennt diese Nerven sympathische, organische oder Ganglien-nerven.

Jeder mit bloßen Augen oder unter der Loupe sichtbare Nervenast oder Stamm besteht aus einem Bündel feiner Röhren,

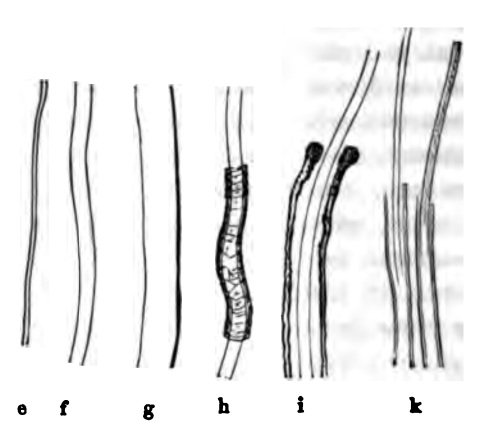


Fig. 41.

Nervenfasern bei 350facher Vergrößerung. e. Feine; f. mittelbreite; g. breite dunkelrandige Nervenfaser in frischem Zustande von einem Kaninchennerven. h. Faser aus dem menschlichen Rückenmark. Man sieht den hellen Axencylinder und die zusammengezogene Scheibe. i. Aehnliche Faser aus dem menschlichen Hirn. k. Uebergang der feinen Hirnfasern in Fasern mit Scheide aus dem Gehirn des Zitterrochens.

welches in den Cerebrospinalnerven von einer deutlichen, mehr oder minder dicken festen Scheide umgeben ist. In dieser Scheide erst liegen die eigentlichen Primitivröhren der Nerven, welche, frisch untersucht, glashell und durchsichtig erscheinen, und bei Beobachtung von oben einen fettigen oder wachsähnlichen Glanz zeigen. Ganz frisch untersucht und ohne Zusatz von irgend solchen Substanzen, welche das Ansehen der Nervenröhren außerordentlich leicht ändern, zeigen dieselben einfache, dunkele Contouren und einen hellen Inhalt, der durchaus homogen erscheint. Dieser Inhalt wird aber äußerst leicht verändert und namentlich durch Gerinnung so sehr in seinem Verhalten umgewandelt, daß er oft kaum erkennbar ist. Bei geeigneter Behandlung unterscheidet man aber in den Nervenröhren drei wesentliche Elemente: eine innere Centralfaser, weich, biegsam, aber elastisch, wie geronnenes Eiweiß, scheinbar vollkommen durchsichtig und homogen. Dieser Axencylinder der Nervenröhre bricht das Licht eben

so, wie das zähflüssige, glänzende, ölartige Nervenmark, welches beim Drucke aus einer durchschnittenen Nervenröhre hervorquillt, und nach außen hin von der elastischen, structurlosen, durchsichtigen, dunkelrandigen Scheide umgeben wird. Der Axencylinder, den viele Beobachter früher nicht als ein eigenes Gebilde, sondern nur als den inneren festeren Theil des Nervenmarkes ansehen wollten, der sich aber durch Behandlung mit geeigneten Reagentien sehr leicht darstellen läßt, findet sich constant in allen Fasern, und setzt sich einerseits in die schwanzförmigen Verlängerungen der Nervenzellen, andererseits bis in die letzten peripherischen Endigungen der Nervenröhren fort, so daß er als das hauptsächlichste, nie fehlende Element der Nervenfaser sich darstellt. Den neuesten Untersuchungen zufolge besteht er aus höchst feinen Fäserchen, Primitivfibrillen, die ihm ein streifiges Ansehen verleihen. Das mehr flüssige Mark, welches den Axencylinder umgiebt, findet sich nur in den breiteren, dunkelrandigen Nervenröhren und in dem peripherischen Nervensysteme überhaupt. Die Röhren des Gehirnes und Rückenmarkes entbehren es fast gänzlich. Sein Fehlen bedingt die geringere Breite der Nervenfaser, auf welche man früher vieles Gewicht legte, im Verein mit der Scheide, die ebenfalls sowohl im Centralnervensysteme, wie an den letzten Endigungen der Nerven allmählich verschwindet, oder wenigstens vollkommen dünn und unsichtbar wird. Die Unterschiede, welche man früher zwischen dunkelrandigen und hellrandigen, doppelt und einfach contourirten Nervenröhren, zwischen breiten und schmalen Primitivfasern festhalten wollte und von denen man gewisse Unterschiede in der Function abhängig machen zu können glaubte, erscheinen den neuesten Untersuchungen zufolge durchaus unwesentlich, indem dieselbe Faser in ihrem Verlaufe von dem Centralnervensysteme bis zur letzten peripherischen Endigung sehr verschiedene Dicke und große Mannigfaltigkeit hinsichtlich ihrer Contouren und des Verhaltens des Markes und der Scheide zeigen kann.

Wir erwähnten oben der Ganglien oder Knoten (s. Fig. 42, S. 250), welche sich ganz allgemein an dem sympathischen Nerven-

ysteme finden. Ganz ähnliche Knoten zeigen sich aber auch an den hinteren Wurzeln aller Rückenmarksnerven, sowie an den Wurzeln einiger Hirnnerven, so daß in dieser Beziehung das sympathische Nervensystem nicht als etwas Besonderes angesehen werden kann. Der gleiche Schluß ergiebt sich, wenn man diese Ganglien

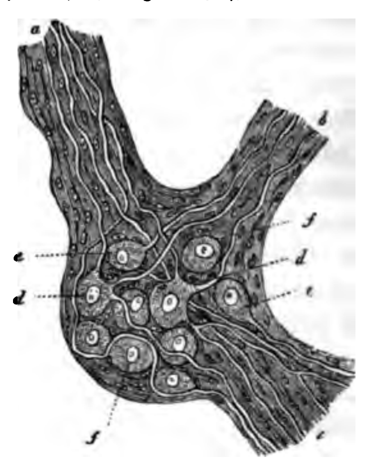


Fig. 42.

Ganglion eines Säugethieres in schematischer Zeichnung. a, b, c. Drei davon auslaufende Nervenstämme. d. Multipolare, e. unipolare, f. apolare Ganglienzellen.

mikroskopisch untersucht. Ihre graue Masse besteht aus den sogenannten Nervenzellen, Ganglienkugeln oder Ganglienkörpern, Zellen mit homogenem, zähem, teigartigem Inhalt, in welchen Fettkörnchen und Körnchen von gelblichem, grauem oder selbst schwarzem Pigmente liegen. Es besitzen diese Zellen eine feine Hülle und einen stets sehr deutlichen, hellen, bläschenartigen, kugelrunden Kern, in dessen Mittelpunkt meist noch ein kleines Kernkörperchen liegt. In den Ganglien liegen die Zellen eingebettet in einem zarten, kernhaltigen, oft ziemlich dicken Bindegewebe, welches sich auch in mehr ausgebildeter Faserform (die sogenannten Remakschen Fasern) über die sympathischen Nerven fortsetzt und diesen, wie den Ganglien, die grau-röthliche Farbe

giebt. Von Interesse ist nun das Verhältniß der Nervenzellen zu den Nervenfasern selbst. Viele, die sogenannten apolaren Ganglienkugeln, sind vollkommen rund und in sich abgeschlossen, andere, die sogenannten unipolaren Ganglienkörper, setzen sich nach einer Seite, noch andere, die bipolaren, nach zwei entgegengesetzten Seiten hin unzweifelhaft in Nervenfasern fort.

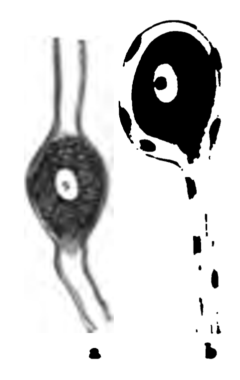


Fig. 43.

a. Bipolare Nervenzelle vom Ganglion des dreigetheilten Nerven der Forelle, mit dicker Scheide, körnigem Inhalt, bläschenförmigem Kerne und Kernkörperchen. b. Unipolare Ganglienkugel vom Menschen, mit dicker, kernhaltiger Scheide aus Bindegewebe.

Meist findet diese Fortsetzung nach beiden Seiten hin statt, in seltenen Fällen aber scheinen auch die Nervenzellen den Fasern wie an der Seite angeklebt und es finden sich sogar Fasern, welche mit mehreren Zellen in Verbindung stehen. Ja es kommen, namentlich in dem Bereiche des sympathischen Nervensystemes, Zellen vor, von welchen vielfache Fortsätze ausstrahlen (multipolare Ganglienzellen), die offenbar in Nervenfasern übergehen und die man früher für das alleinige Besitzthum der grauen Substanz des Hirnes und Rückenmarkes hielt. Neuerdings hat man sogar, namentlich in der Muskelhaut des Darmes, feine verzweigte Gangliennetze beobachtet, die durch Axencylinder mit einander verbunden sind und bei deren Anblick man wirklich nicht sagen kann, wo die Ganglienzelle aufhört und der Nerv anfängt (s. Fig. 44). Die Ganglien scheinen demnach zerstreute Centralorgane, in welchen ein Ursprung von Nervenfasern stattfindet, die zu den von dem Centralorgane kommenden Fasern hinzutreten und dadurch eine Verstärkung der austretenden Nerven bewirken.

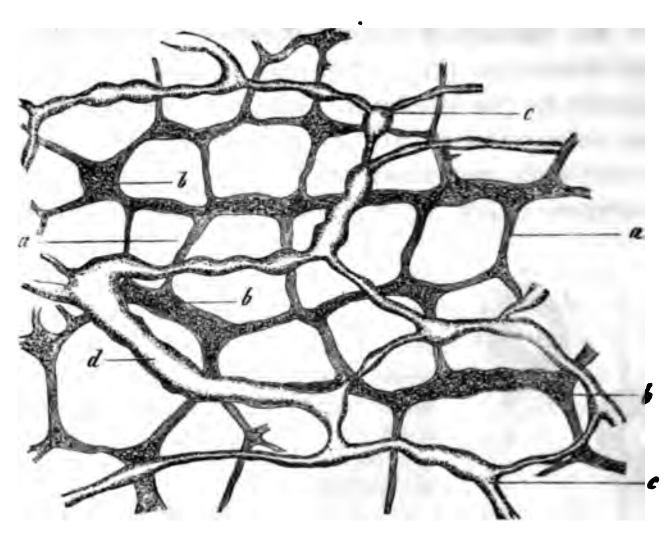


Fig. 44.
Gangliennetz aus der Muskelhaut des Dünndarmes vom Meerschweinchen.
a. Nervengeflecht. b. Ganglien. c und d. Lymphgefäße.

Untersuchen wir nun nach den bei dem peripherischen Nervensysteme gewonnenen Resultaten die Structur des centralen Nervensystemes, wo die Weichheit und leichte Formveränderlichkeit der Substanz der Untersuchung außerordentliche Schwierigkeiten entgegenstellen, so sehen wir zuerst die weiße Substanz des Hirnes und Rückenmarkes überall aus Nervenfasern zusammengesetzt, welche meistens sehr schmal, selten sehr breit sind, keine Primitivscheibe, noch bindegewebige Hülle, sondern nur einfache, oft aber dunkelrandige Contouren zeigen, außerordentlich leicht sich verändern, stellenweise durch diese abnormen Veränderungen knotig erscheinen (varicös werden) und zuletzt einzig aus dem Axencylinder zusammengesetzt sind. Es erscheinen also diese Fasern gewissermaßen als auf ihre letzten constituirenden Elemente reducirt.

Die Enden dieser Fasern dringen ohne Zweifel theilweise in die graue Substanz ein, um sich dort mit den Zellen derselben zu verbinden, theilweise verästeln sie sich auch in feine Ausläufer,

welche mit eigenthümlichen feinen Körnchen in Verbindung zu stehen scheinen.

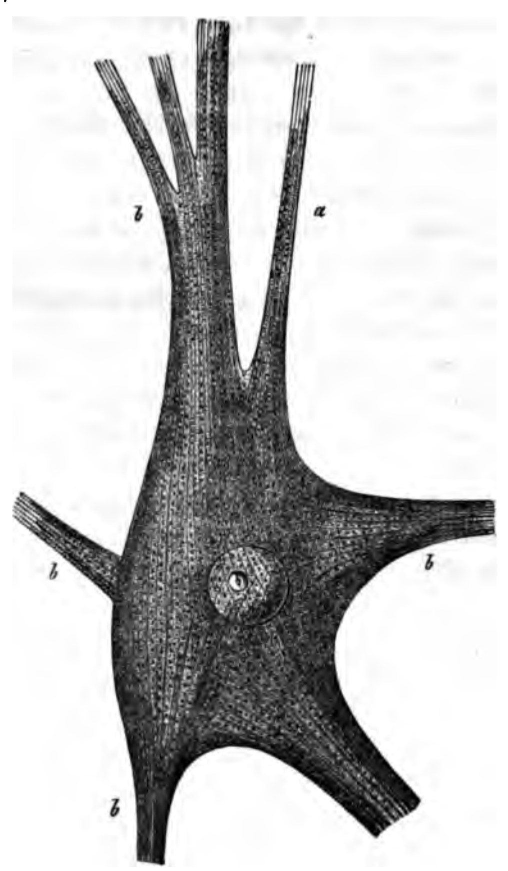


Fig. 45.

Multipolare Ganglienzelle aus dem Rückenmarke des Ochsen mit rundem Kern und Kernkörperchen. a. Axencylinder; b. fein gestreifte, fibrilläre Zellenfortsätze.

Die graue Substanz besteht aus multipolaren Kernzellen (s. Fig. 45) mit feinem Inhalte, die in eine Menge von Fasern ausstrahlen, welche sich in höchst feine Fädchen und Ausläufer spalten, die außerordentlich schwer zu verfolgen sind.

So viel indessen steht sicher, daß einzelne dieser Ausläufer nach mannigfaltigen Krümmungen und Windungen in die Nervenfasern der weißen Substanz und durch diese in die peripherischen Nervenfasern übergehen; während andere dieser Zweiglein vielleicht sich mit denen anderer Zellen verbinden, so daß ein verwickeltes Netzgewebe hergestellt wird. Andere Forscher leugnen diese Verbindungen der Zellen unter sich, haben aber nachgewiesen, daß die multipolaren Zellen der Centralorgane zweierlei Fortsätze aussenden: feine graue Fortsätze, die sich auf das mannigfachste verzweigen und zuletzt in höchst feine Fäserchen auslaufen, welche in dem Gewirre nicht mehr verfolgbar sind, und außerdem eine gröbere Faser, einen Axencylinder, welcher offenbar sich in einen Nerven fortsetzt. Wahrscheinlich entspringen sogar diese Axencylinder vom Kerne der Nervenzelle, während die Fäserchen, die in den anderen Fortsätzen sichtbar sind, in der Zelle ein verwickeltes Geflecht bilden (s. Fig. 46).

In neuester Zeit erst sind, namentlich an dem kleinen Gehirne, sowie auch an den Windungen der Hirnlappen, Resultate gewonnen worden, welchen zwar gewichtige Autoritäten theilweise noch widersprechen, die wir indessen dennoch hier anführen wollen, da ihre weitere Verfolgung mannigfache Benutzung für die Physiologie verspricht.

Die graue Schicht, welche mit ihren Windungen die Ausstrahlungen des Lebensbaumes in dem kleinen Gehirne umkleidet, zeigt sich bei genauerer Ansicht aus zwei Schichten zusammengesetzt, einer äußeren grauen, und einer inneren, heller röthlichen, oder rostfarbenen, welche der weißen Substanz unmittelbar aufliegt. Die Verhältnisse dieser verschiedenen Substanzen zu einander sollen nun folgende sein: An der Grenze der weißen Substanz strahlen die weißen Fasern pinselartig in unzählige, höchst feine Fädchen aus, in deren Verlauf kleine helle Körnchen eingesetzt sind, so daß das Gewebe in der Fläche etwa wie eine mit Perlen gefertigte Strickerei aussieht. Auf diesem Gewebe, welches die rostfarbene Schicht darstellt, ruhen nun große, helle, multipolare Nervenzellen, die durch feine Ausläufer mit den Fädchen der rostfarbenen Schicht zusammenhängen, außerdem

aber noch nach oben dickere Ausläufer senden, welche den gewöhnlicheren der Nervenzellen ähneln und wahrscheinlich zur Verbindung der Zellen unter einander bestimmt sind.

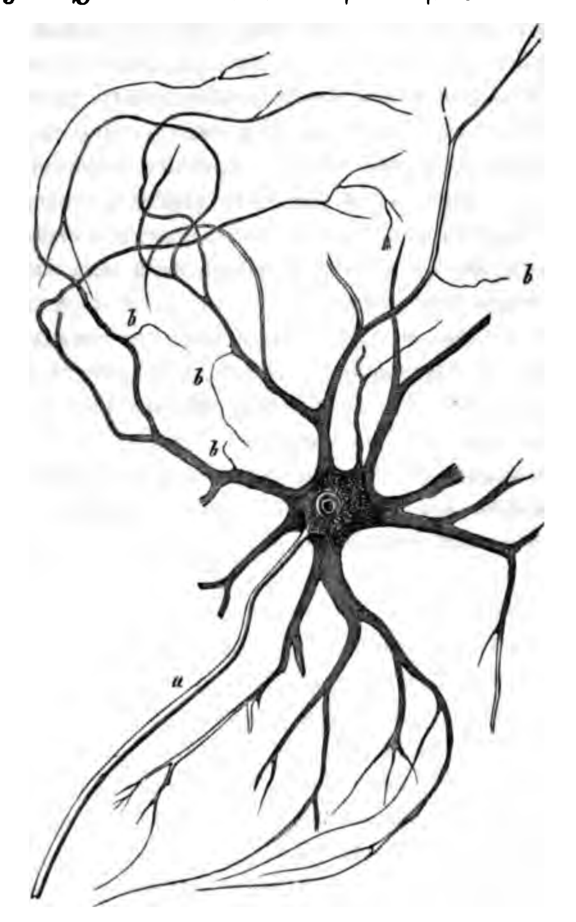


Fig. 46.

Multipolare Ganglienzelle aus dem Rückenmarke des Ochsen. a. Axencylinder. b. In feinste Fäserchen auslaufende Substanzfortsätze.

Die Nervenzellen, welche man im Gehirne und Rückenmarke findet, zeigen sehr verschiedene Größen und Verhältnisse. Sehr

große mit verschiedenen Fortsätzen versehene Zellen finden sich namentlich in den vorderen Hörnern der grauen Substanz des Rückenmarkes, sowie auf dem Boden der Rautengrube an dem verlängerten Marke, und man hat sogar diese Zellen als Bewegungszellen den kleineren, an anderen Orten sich findenden Nervenzellen gegenüberstellen wollen, welche man die Empfindungszellen nannte. So sehr es indessen wahrscheinlich ist, daß alle diese Nervenzellen je nach ihrer Structur auch verschiedene Functionen zeigen, und daß am Ende jede geistige Thätigkeit in bestimmten Gruppen von Nervenzellen der grauen Substanz ihren Sitz hat, so wäre es dennoch voreilig, wenn man nach den so unvollständigen Untersuchungen über die Formbestandtheile und nach ihrer bis jetzt noch so geringen Uebereinstimmung mit den Ergebnissen der physiologischen Versuche jetzt schon daran denken wollte, die einzelnen Formbestandtheile mit aus ihren Functionen geschöpften Namen zu bezeichnen.

Es wäre unmöglich, hier auf die weiteren Structurverhältnisse und namentlich auf die Art und Weise einzugehen, wie die verschiedenen Formelemente, zu welchen sich noch andere, nicht genauer zu erörternde gesellen, zu einander in Beziehung treten. So viel können wir als ausgemacht ansehen, daß die Nervenfasern der peripherischen Nerven durch die weiße Substanz des Centralnervensystemes mit den Nervenzellen der grauen Substanz zusammenhängen, und zwar häufig in so sichtlicher Weise, daß man z. B. die vorderen und hinteren Wurzeln der Rückenmarksnerven bis zu den entsprechenden Hörnern der grauen Substanz, und diejenige vieler Hirnnerven bis zu grauen Kernen verfolgen kann, welche in dem Hirnstamme liegen. Jedenfalls ist aber die weiße Substanz nicht blos aus diesen Wurzelfasern der Nerven zusammengesetzt, sondern es finden sich in ihr auch noch andere selbstständige Fasern, ganz so, wie auch in der grauen Substanz, welche hauptsächlich durch die Ausläufer ihrer Zellen die gegenseitige Verbindung vermittelt, ebenfalls eine Menge von Fasern sich finden.

Durch die Zusammenstellung der Fasern in Gruppen entstehen Züge, welche man im Inneren der weißen Substanz des Rückenmarkes und des Gehirnes verfolgen kann und welche wohl im Allgemeinen den Weg andeuten, den die Nervenbahnen in ihrer Verbreitung durch die Centraltheile nehmen. Man hat dieser Faserung des Gehirnes und Rückenmarkes vielfältige Aufmerksamkeit geschenkt und kann nur im Allgemeinen sagen, daß in dem Rückenmarke der größte Theil der weißen Stränge aus solchen Fasern besteht, die in der Axenrichtung desselben, also nach dem Gehirne hin, verlaufen, daß in dem verlängerten Marke durch veränderte Anordnung der grauen Masse neue Stränge und Kerne entstehen, die durch quere Faserzüge, sogenannte Commissuren, verbunden werden, und daß hier die Fasermassen zum großen Theile in solcher Weise sich kreuzen, daß diejenigen der rechten Seite nach links und diejenigen von links nach rechts hin sich wenden. Von dem zum Theile aus Axenfasern bestehenden Hirnstamme strahlt dann die Faserung durch aufsteigende Bündel mittels sogenannter Schenkel zum kleinen Hirn, zu den Vierhügeln und dem großen Hirne, um deren Gewölbemassen zu bilden, während zugleich bedeutende Quercommissuren, wie z. B. die Brücke, der Balken und das Gewölbe, die beiden Seitenhälften in Verbindung setzen. Die physiologische Verwerthung der in dieser Beziehung gewonnenen Resultate der Untersuchung ist indessen, wir dürfen es offen gestehen, bis jetzt nur noch sehr gering.

Eine in physiologischer Hinsicht äußerst wichtige Frage ist die nach der Endigung der Nerven in den peripherischen Organen des Körpers. So lange die Anwendung des Mikroskopes noch eine äußerst beschränkte war, konnten nur Hypothesen über das Verhalten der Nervenenden aufgestellt werden. Man sah die Nerven in stets feinere Zweige und Zweiglein sich theilen, mit den letzten erkennbaren Aestchen in das Gewebe der Organe, welchen sie bestimmt waren, eindringen, konnte aber nicht die einzelnen Primitivröhren bis zu ihrem Ende verfolgen, um sich zu überzeugen, ob sie stets von dem umgebenden Gewebe

isolirt blieben, oder aber mit demselben in ein untrennbares Ganze verschmölzen. Auch jetzt, wo angestrengte Untersuchungen mit allen erdenklichen Hülfsmitteln in verschiedenen Gebilden die Nervenendigung mit dem Mikroskope zu verfolgen suchten, sind noch viele Dunkelheiten unaufgeklärt. Man glaubte früher, daß eine jede Primitivröhre von ihrem Ursprunge bis zu ihrem peripherischen Ende hin vollkommen isolirt sei, daß sie mit keinem anderen Gewebe verschmelze und eigentlich gar kein peripherisches Ende besitze, sondern sich zuletzt schlingenförmig umbiege und wieder nach dem Centralorgane zurücklaufe. Man konnte demnach jeden Nerven als ein Bündel von isolirten Primitivröhren ansehen, die in den Aesten sich nicht theilen, sondern nur auseinanderweichen. Die Untersuchungen der Neuzeit haben diese Ansichten durchaus modificiren müssen. In den mit bloßem Auge sichtbaren Nerven kommen freilich nur wenige Theilungen vor. Die Primitivröhren laufen vollkommen isolirt neben einander her, wie eben so viel umsponnene Drähte eines electrischen Leitungsapparates. Gegen das peripherische Ende zu theilt sich aber jede Primitivröhre unzweifelhaft mehrfach und spaltet sich in immer feiner werdende Zweige. Gewöhnlich verlieren diese letzten Enden der Nerven das Mark und die dickere Scheide, die dunkelrandigen Contouren hören auf und die letzten Enden der verzweigten Fasern werden wieder gänzlich den in den Centralorganen befindlichen Fasern und Axencylindern ähnlich. Diese letzten Fasern verbinden sich unter einander schlingenförmig und bilden ein Maschennetz, aus welchem noch feinere Aeste abgehen, die sich frei in dem Gewebe zu enden und mit demselben zu verschmelzen scheinen. Ob aber diese Endgeflechte markloser blasser Nervenfasern, zwischen welchen meist kernhaltige, Ganglienzellen ähnliche Massen eingestreut sind, so wie die Schlingenbildungen wirklich die letzten Endigungen sind und ob nicht besondere Endapparate noch vorkommen, ist um so zweifelhafter, als man in den willkürlichen, quergestreiften Muskeln solche entdeckt hat.

In der That gehen die letzten Nervenfasern an die Muskelfasern so heran, daß ihre Scheide mit der Scheide der

Muskelfaser verschmilzt und an diesem Anheftungspunkte eine Endplatte von der Form eines Schildes gebildet wird, die eben so feinkörnig ist, wie der Axencylinder, außerdem einige Kerne enthält und förmlich mit dem Inhalte der Muskelfaser verschmilzt. Das Mark hört an der Eintrittsstelle plötzlich auf — die Platte ist nur eine Verbreiterung des Axencylinders.

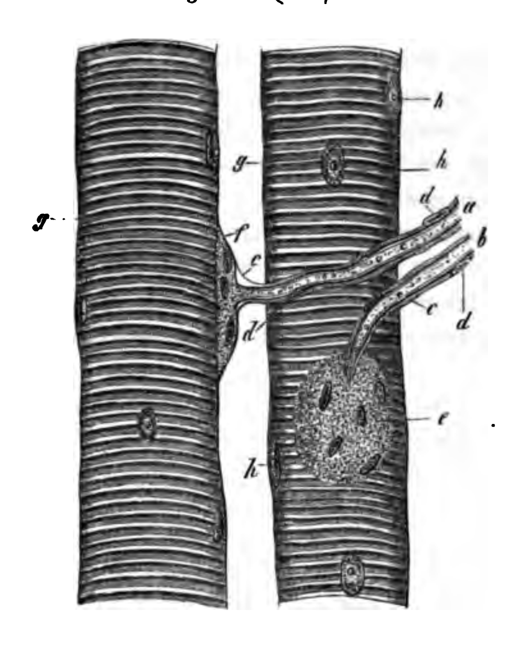


Fig. 47.

Zwei quergestreifte Muskelfasern vom Meerschweinchen mit den Nervenenden. a, b zwei Nervenfasern, welche in die Endplatten e f übergehen. c. Nervenscheide (Neurilemma), direct in die Scheide der Muskelfasern (Sarcolemma g) übergehend. d. Kerne der Nervenscheide. h. Muskelkerne.

In ähnlicher Weise finden sich in den einzelnen Sinnesorganen eigenthümliche Endgebilde, die man in verschiedenen Schleimhäuten als Krause'sche Kolben, in der äußeren Haut als Tastkörperchen, an verschiedenen inneren Theilen als Pacini'sche Körperchen kennt. Die Krause'schen, meist länglichen Kolben (s. Fig. 48, S. 260), die namentlich in der

Bindehaut des Auges leicht zu finden sind, bestehen aus einem Säckchen von Bindegewebe, das mit weichem, durchsichtigem, gallertartig glänzendem Inhalte erfüllt ist. Die Primitivfasern der Nerven theilen sich in feine Ausläufer, von welchen je einer, nur selten zwei, in ein Kölbchen eintreten und dort bald einfach, bald verknäuelt enden. Die Pacini'schen Körperchen (s. Fig. 49, S. 261), die sich besonders an der Handfläche und an der Fußsohle des Menschen, im Gekröse der Katze u. s. w. finden, bestehen aus einer eiförmigen Kapsel, welche wie eine Zwiebel aus concentrischen Lagen von Bindegewebe besteht und in deren Axe ein Kanal sich befindet, in welchem die auf den Axencylinder reducirte Primitivfaser bald mit einem einfachen, bald mit einem doppelten Knöpfchen endet. In den Tastkörperchen (s. Fig. 50, S. 261) endlich, die nur der äußeren Haut der Hände und Füße der Menschen und Affen angehören, findet sich eine Kapsel von zähem Bindegewebe mit zahlreichen quergestellten Kernen und

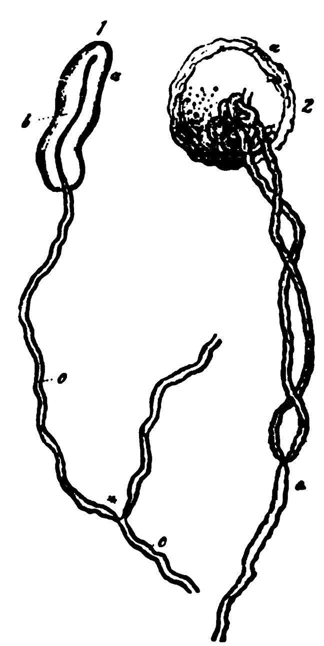


Fig. 48.

Krause'sche Endkolben. 1. Aus der Bindehaut des Kalbsauges; 2. aus derjenigen des Menschenauges. a. Endsäckchen, b. Ende des Axencylinders, c. eintretende, häufig getheilte Nervenfaser.

weichem Inhalte, um welche die letzten Endigungen der ebenfalls auf ihre Axencylinder reducirten Primitivfasern sich häufig spiralig herumwinden, bis sie zuletzt in das Innere treten und dort schmelzend endigen.

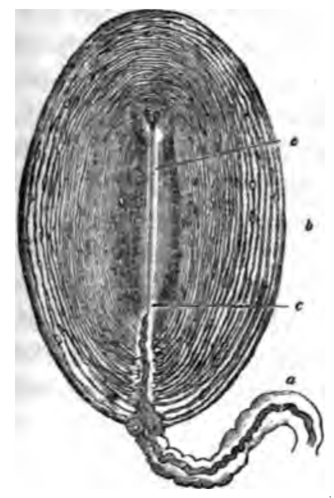


Fig. 49.
Pacini'sches Körperchen aus dem Gekröse der Katze. a. Eintretende Nervenfaser. b. Zwiebelartige Kapsel. c. Axencylinder, mit doppeltem Knöpfchen endend.



Fig. 50.
Zwei Tastkörperchen vom Zeigefinger mit den eintretenden Nerven.

Alle diese Gebilde sind offenbar der einfachen Empfindung und namentlich dem Tastsinne gewidmet, und wie man sieht, läuft

ihre Structur auf das gemeinsame Princip hinaus, daß ein kapselartiges Körperchen gebildet wird, in welchem die Primitivfaser endigt. Auf die Endigungen der Nerven in den specifischen Sinnesorganen werden wir bei diesen selbst näher eingehen, können aber nicht umhin, schon jetzt zu bemerken, daß auch hier besondere Endorgane bestehen, so daß vielleicht bei dem Abschlusse dieser höchst schwierigen Untersuchungen sich das allgemeine Gesetz herausstellen dürfte, daß sämmtliche letzte Nervenfasern in bestimmte Endorgane oder Endelemente sich auflösen. In manchen Organen dürften dies die Kerne der Zellen sein, aus welchen das Organ aufgebaut ist. Verschiedene Beobachter behaupten schon, daß beim Embryo die Axencylinder der ersten Nervenfasern von den Kernkörperchen der Zellen auswachsen, und neuerdings will man in den Speicheldrüsen Nervenfasern gefunden haben, welche in die Kerne der Drüsenzellen sich enden, während andere Fasern vorher in zackige Nervenzellen übergehen, deren Ausläufer in den Kernen der Drüsenzellen enden.

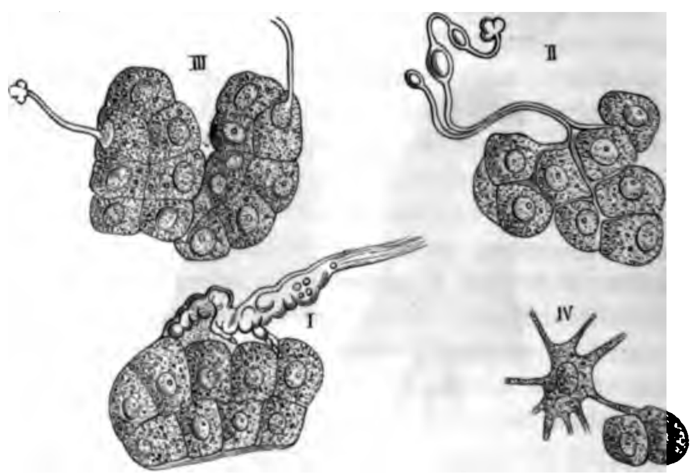


Fig. 51.
Endigungsweise der Nervenfasern in den Speicheldrüsen. I und II Verzweigungen der Fasern zwischen den Drüsenzellen. III Directe Endigung von Fasern in Kernen der Drüsenzellen. IV Zackige Ganglienzelle, deren Ausläufer sich mit einer Drüsenzelle verbindet.

Es giebt in dem menschlichen Körper nur sehr wenige Nervenstämme, welche durchaus isolirt von dem Gehirne aus bis zu ihrem peripherischen Verbreitungsbezirke verlaufen; — die meisten verbinden sich durch sogenannte Anastomosen mit einander, viele auch verschmelzen mit anderen zu einem gemeinschaftlichen Stamme, der sich nicht ohne Zerreißung zerlegen läßt. Es wäre indeß falsch, wenn man glauben wollte, daß solche Verbindungen und Verschmelzungen auf wirklichem Zusammengehen der Nervenfasern beruhen; es sind diese Anastomosen im Gegentheile nur Brücken, mittelst deren Bündel von Primitivröhren aus einem Stamme in den anderen übergehen, um auf der Bahn des andern Nerven weiter zu verlaufen. Oft ist dieser Austausch wechselseitig und die übergehenden Primitivröhren kreuzen sich in der durch die Anastomose gebildeten Brücke; — oft aber verläßt auch nur ein Bündel von Primitivröhren den einen Nerven, um zu dem anderen Stamme überzutreten, ohne daß Reciprocität vorhanden wäre. Es ist wohl denkbar, daß eine und dieselbe Primitivröhre auf diese Weise mehrere Nervenstämme theilweise begleitet, um dann wieder auf einen anderen Stamm überzuspringen; nichts destoweniger bleibt die Primitivröhre in ihrem ganzen Laufe isolirt, so weit dieser innerhalb der mit bloßem Auge sichtbaren Nerven stattfindet.

Unter dem Namen der Nervenwurzeln bezeichnet man die Nervenbündel, welche an den Seiten des Gehirnes und Rückenmarkes hervortreten, um sich zu Stämmen zu vereinigen und nach den verschiedenen Körpertheilen zu begeben. So wie das Centralnervensystem, so zeigen auch die peripherischen Nerven eine durchaus symmetrische Anordnung; — alle Cerebrospinalnerven sind paarig im Körper vorhanden und haben einen durchaus paarigen Verlauf in beiden seitlichen Körperhälften. An dem Gehirne des Menschen und der meisten Wirbelthiere unterscheidet man 12 Paare von Nerven, während das Rückenmark 31 Nervenpaare liefert. Die ersten treten durch Löcher, welche sich in der Schädelbasis befinden, aus dem knöchernen Schädel hervor; die Rückenmarksnerven verlassen den Kanal mittelst

eigener Löcher, welche sich zwischen je zwei Wirbeln finden. Jeder Rückenmarksnerve hat zwei Wurzeln, die deutlich von einander getrennt sind; beide Wurzeln entspringen an der Seitenfläche des Rückenmarkes, die vordere aber mehr gegen den Bauch, die hintere mehr gegen den Rücken hin. Man kann so durch Querschnitte das Rückenmark in eben so viel Segmente theilen, als Nervenpaare entspringen; denn die beiden Wurzeln eines jeden Nerven entspringen in derselben Horizontalebene, wenn man das Rückenmark des stehenden Menschen betrachtet, oder, wenn man das Rückenmark horizontal gelegt denkt, in derselben senkrechten Ebene. Beide Wurzeln convergiren nach dem Austrittsloche hin; unmittelbar aber vor ihrer Vereinigung zeigt die hintere Wurzel ein knotenförmige graue Anschwellung, ein wahres Ganglion, in welchem auch wirkliche Ganglienkugeln liegen. Die Unterscheidung dieser beiden Wurzeln, der hinteren, mit einem Ganglion versehenen, und der vorderen ganglienlosen Wurzel, ist von der höchsten Bedeutung für die Physiologie, da, wie wir in der Folge sehen werden, beiden durchaus verschiedene Functionen zukommen.

Die Nerven, welche vom Gehirne ihren Ursprung nehmen, entspringen sämmtlich, ohne Ausnahme, in dem Hirnstamme auf der unteren Fläche des Gehirnes; die Gewölbtheile stehen durchaus in keinem unmittelbaren Zusammenhange mit den 12 Paaren von Nerven, welche dem Schädeltheile des Centralnervensystemes angehören. So weit bis jetzt die noch sehr unvollständigen Untersuchungen Aufschluß geben, hat jedes Nervenpaar einen im Hirnstamme gelegenen Kern grauer Substanz, von welchem es seinen Ursprung nimmt, und nachdem es die äußerlich umhüllende weiße Substanz des Gehirnes durchsetzt hat, erscheint es auf der Unterfläche desselben, um meist nach kurzem Laufe durch ein oder mehrere Löcher des knöchernen Schädels nach den peripherischen Organen vorzudringen (s. Fig. 52, S. 266).

Man hat die verschiedenen Nebenpaare des Gehirnes von vorne nach hinten mit Ziffern (in Fig. 52 von o bis z) bezeichnet, welche ich hier nebst den ebenfalls gebräuchlichen, meist von der Function entnommenen Namen anführen will:

Erstes	Paar :	Riechnerve	Nervus	Olfactorius,	o
Zweites	„	Sehnerve	„	Opticus,	p
Drittes	„	Gemeinschaftlicher Augenmuskelnerve . . .	„	Oculomotorius,	q
Viertes	„	Pathetischer Nerve . .	„	Patheticus,	r
Fünftes	„	Dreigetheilter Nerve . .	„	Trigeminus,	s
Sechstes	„	Abziehnerve des Auges .	„	Abducens,	t
Siebentes	„	Gesichtsnerve	„	Facialis,	u
Achtes	„	Hörnerve	„	Acusticus,	v
Neuntes	„	Zungen-Schlundkopfnerve	„	Glossopharyngeus,	w
Zehntes	„	Herumschweifender Nerve	„	Vagus,	x
Elftes	„	Beinerve	„	Accessorius,	y
Zwölftes	„	Zungenfleischnerve . .	„	Hypoglossus,	z

Faßt man die Nerven hinsichtlich ihrer Verbreitung und der aus derselben schon hervorgehenden Function in das Auge, so ergeben sich mehrere bestimmte Klassen.

Der Mensch besitzt außer dem allgemeinen Tastsinne, der überall auf der Haut verbreitet und kaum als an ein besonderes Organ gebunden gedacht werden kann, vier eigenthümliche specielle Organe für specifische Sinnesempfindungen : die Nase für den Geruch, das Auge für das Gesicht, das Ohr für das Gehör, und die Zunge nebst den hinteren Theilen des Rachens für den Geschmack. Jede der drei specifischen Sinnesempfindungen wird auch durch einen besonderen Nerven vermittelt: wir haben einen Riechnerven, Sehnerven und Hörnerven; dagegen müssen wir zugestehen, daß außer dem eigentlichen Geschmacksnerven, der in dem neunten Paare, dem Zungenschlundkopfnerven oder Glossopharyngeus, gegeben ist, auch noch der Zungenast des fünften Paares gewisse Geschmacksempfindungen leiten kann.

Alle specifischen Sinnesnerven gehören dem Gehirne an.

Wir besitzen ferner eine zweite Klasse von Nerven, welche einzig und allein in Muskeln sich verbreiten, reine Muskelnerven, deren Wurzeln bei der Durchschneidung durchaus keinen Schmerz erzeugen und bei welchen diese Verletzung nur den Verlust der Bewegung zur Folge hat.

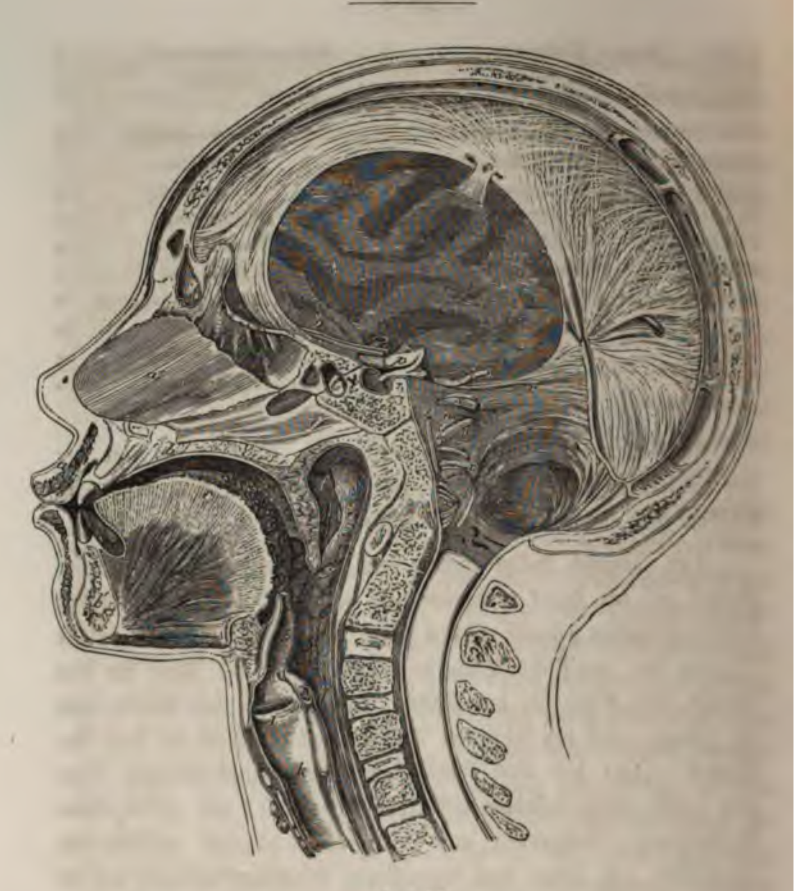


Fig. 52.

Senkrechter Durchschnitt des Kopfes. Das Gehirn ist herausgenommen, so daß man die Falten der harten Hirnhaut, besonders die Hirnsichel und das Hirnzelt, so wie sämmtliche Nervenwurzeln sieht.

Es gehören hierher die drei Paare von Augenmuskelnerven, das dritte, vierte und sechste Hirnnervenpaar, Oculomotorius, Patheticus und Abducens, von welchen der erstere namentlich auch an den Bewegungen der Pupille des Auges betheiligt ist; das siebente Paar oder der Facialis, welcher die Bewegungen des Antlitzes vermittelt; das elfte und zwölfte Paar, der Bei-

nerve oder Accessorius, von welchem einige besondere Athembewegungen abhängen, und endlich der Hypoglossus oder Muskelnerve der Zunge. Allen diesen Bewegungsnerven mischen sich indessen bald nach ihrem Austritte aus dem Gehirne, zuweilen selbst noch innerhalb der Schädelhöhle, empfindende Fasern bei.

Die zwei übrigen Nervenpaare des Gehirnes, nämlich dreigetheilter und herumschweifender Nerv, so wie sämmtliche Nerven des Rückenmarkes ohne Ausnahme sind gemischte Nerven, indem sie sowohl Bewegung als Empfindung vermitteln, sich sowohl in bewegenden als empfindenden Organen verbreiten, und somit stets ihre Verletzung gemischte Functionsstörungen zur Folge hat.

Wir erwähnten schon oben jenes eigenthümlichen Nervensystemes, das man mit dem Namen des organischen, sympathischen oder Gangliensystemes bezeichnet. Hier fehlt jede Centralisation. Eine Menge von einzelnen Ganglien und Ganglienhaufen sind überall unter den größeren Eingeweidegruppen zerstreut und durch vielfache Fäden mit einander verbunden, die zugleich an allen Eingeweiden sich verbreiten, die größeren und kleineren Blutgefäße umspinnen und viele sogenannte Geflechte bilden, von welchem das größte, das Sonnengeflecht, etwa in der Gegend der Herzgrube, aber ganz in der Tiefe auf der Aorta aufliegt. Außer den vielfach zerstreuten Geflechten findet sich dann noch eine Reihe durch kurze Zwischenstränge mit einander verbundener Ganglien, die zusammen den Stamm oder Grenzstrang des Sympathicus bilden und von allen Rückenmarksnerven einen Zweig erhalten. Die Ganglien des Grenzstranges, der jederseits der Wirbelsäule parallel läuft, liegen den Zwischenwirbellöchern gegenüber, so daß man Hals-, Brust- und Bauchganglien unterscheiden kann. Der oberste Halsknoten, der etwa vor dem zweiten Halswirbel liegt, ist eines der größten dieser Ganglien, und die von ihm ausgehenden Zweige und Geflechte stehen mit den meisten Hirnnerven, besonders den gemischten, durch Zweige in Verbindung. Im Ganzen kann man sagen, daß das sympathische Nervensystem sich nur an solche Theile

verbreitet, die im normalen Zustande weder deutliche Empfindung, noch willkürliche Bewegung zeigen, und daß weder die willkürlichen Muskeln noch die Sinnesorgane in seinen Verbreitungsbezirk fallen. Es verlaufen indeß innerhalb der Bahnen des sympathischen Systemes vorzugsweise (nicht ausschließlich, wie wir später sehen werden) diejenigen Nervenfasern, welche die Erweiterung und Zusammenziehung der Gefäße beherrschen, die man also unter dem Namen der Gefäßnerven begreifen kann und die auf alle Vorgänge des vegetativen Lebens den unverkennbarsten Einfluß üben.

Es geht aus dieser kurzen Andeutung der anatomischen Verhältnisse des Nervensystemes hervor, daß es wie das Blutgefäßsystem ein allgemein durch den Körper verbreitetes System ist, dessen einzelne Theile überall in bestimmter Beziehung zu einem Centralorgane stehen, von welchem der Impuls der verschiedenen Functionen ausgeht. So wie die unendlich verzweigten Kanäle, welche dem Blutstrome angewiesen sind, alle vom Herzen ausgehen und zu dem Herzen zurückführen, so führen auch die verwickelten Netze der Nerven stets wieder zu dem Centralorgane ihres Systemes, zu Hirn und Rückenmark. Während aber der Inhalt des Blutsystemes in ewig kreisender Bewegung sich umschwingt und seine Thätigkeit nur in der Bewegung gedacht werden kann, ist das Nervensystem im Gegentheile durch Bewegungslosigkeit ausgezeichnet. Wir finden hier keine arbeitende Pumpe, durch welche die Nervensäfte in stetem Umschwunge erhalten werden; kein sichtbares Strömen innerhalb der Kanäle, durch welche die Empfindung und der Willen fortgepflanzt werden, und dennoch unterliegt es keinem Zweifel, daß die Fortleitung und Mittheilung im Nervensysteme weit schneller von Statten gehe, als im Blutsysteme.

Die Kenntniß über die Functionen des Nervensystemes im Allgemeinen, so wie über die Eigenschaften der einzelnen Nerven insbesondere, hängt fast einzig und allein von dem Experimente am lebenden Thiere oder von den Erfahrungen ab, welche Krankheiten oder Verletzungen am Menschen zeigen. Letztere Quelle

aber fließt nur sehr spärlich und meist auch nur sehr trübe. Bei der unglücklichen Eigenschaft der Medicin, jede Frage, mit der sie sich beschäftigt, zu verwirren, statt aufzuklären, und für jede Ansicht eben so viele Beweise als Gegenbeweise anzuführen, wären wir noch immer im Dunkeln, wenn nicht der Versuch am lebenden Thiere, die Vivisection, uns ihr Scalpell geliehen hätte. Die meisten Nervenstämme und Nervenwurzeln sind demselben zugänglich, sie können erregt, gereizt, durchschnitten, zerstört, ihre Function kann erhöht oder vernichtet werden, und die Erscheinungen, welche nach einem solchen Eingriffe auftreten, geben Aufschluß über die Function des Nerven. Wenn nach Durchschneidung eines gewissen Nervenstammes jedesmal bestimmte Muskeln gelähmt werden und ihren Dienst versagen, gewisse Hautstellen unempfindlich werden, so daß man sie zerfleischen, mit glühenden Eisen brennen kann, ohne daß die geringste Schmerzensäußerung auf solche Eingriffe erfolgt, so schließen wir natürlich aus dem Nichtvorhandensein der Empfindung und Bewegung, die als Folge der Durchschneidung auftritt, daß die Function des durchschnittenen Nerven eben in Vermittelung der Empfindung und Bewegung bestehe. Wenn nach Bloslegung und Isolirung eines Nerven und nach Reizung desselben durch Electricität, mechanisches Berühren, chemische Agentien dieser oder jener Muskel zuckt, das Thier Schmerz äußert, so schließen wir daraus, daß der Nerve dem zuckenden Muskel gewissermaßen den Befehl zur Aeußerung seiner Thätigkeit überbringt, oder daß er von seinem Verbreitungsbezirke aus die äußeren Eindrücke dem Bewußtsein zuführt. Wir dürfen offen sagen, daß wir nur da über die Function der Nerven etwas Bestimmtes wissen, wo uns die angeführten Mittel der Analyse zu Gebote stehen; an den organischen Nerven haben sie bis jetzt zum Theile fehlgeschlagen, da die unendliche Vertheilung ihrer einzelnen Stämmchen, der Mangel an Centralisation ihrer Fäden sowohl als ihrer Ganglien, bis jetzt unüberwindliche Hindernisse in den Weg gelegt haben. Von den Functionen der Centralorgane stehen nur diejenigen fest, welche ebenfalls durch Analyse der Erscheinungen sich ergeben,

die bei Thieren nach Reizung, Verwundung oder Abtragung einzelner Theile sich zeigen. Die größere Hälfte der Gehirnfunctionen, nämlich die Beziehungen dieses Organes zu den einzelnen Geistesthätigkeiten, liegt nur deshalb noch im Dunkeln, weil eben es unmöglich ist, die Gedanken eines Thieres zu sehen und sich von den Veränderungen zu überzeugen, die nach Verletzung der Hirntheile in seinen Geistesthätigkeiten eintreten. Wir können auf die größere oder geringere Schmerzempfindung eines Thieres aus seinem Schreien, aus seinen abwehrenden Bewegungen schließen und auch annähernd daraus auf die Intensität seiner Empfindungen; wir können die nach Verletzung eines Hirntheiles auftretende Lähmung, die nach Reizung erscheinenden Zuckungen einzelner Theile constatiren; — aber auch nicht viel mehr. Das Verhältniß der einzelnen Hirntheile zu den Geistesfunctionen kann nie und nimmermehr auf anderem Wege ermittelt werden, als auf dem Wege der Beobachtung kranker Zustände und Verletzungen des Gehirnes unglücklicher Menschen; die Thätigkeit des organischen Nervensystemes konnte ebenfalls bis jetzt größten Theils nur auf demselben Wege, welcher der Medicin anvertraut ist, gefunden werden — von beiden wissen wir thatsächlich kaum mehr als — Nichts!!

Elfter Brief.

Die Functionen der Nerven.

Bricht man bei einem lebenden Thiere, am besten bei einem Frosche oder bei einem jungen Hunde, wo die Knochen noch weich sind, den Wirbelkanal in der Lendengegend auf und legt auf diese Weise das Rückenmark in seinem unteren Theile blos, so zeigen sich die doppelten, vom Rückenmark entspringenden Wurzeln der verschiedenen Nervenstränge, welche zu den hinteren Extremitäten gehen (s. Fig. 53, S. 272). Die hinteren, mit einem Ganglion versehenen Wurzeln liegen frei und offen dem Blicke dar; hebt man diese Wurzeln auf, um in die Tiefe schauen zu können, so findet man in entsprechender Reihe die vorderen ganglienlosen Wurzeln. Beim Berühren, Kneipen oder Stechen der hinteren Wurzeln, bei ihrer Reizung mittelst der beiden Poldrähte einer galvanischen Säule, geben die Thiere die lebhaftesten Schmerzensäußerungen. Führt man nun ein feines Messerchen unter diesen hinteren, mit Ganglien versehenen Wurzeln durch und schneidet sie ab, so schreien die Thiere im Momente der Durchschneidung laut auf. Die durchschnittenen Enden, welche nicht mehr mit dem Rückenmark in Verbindung stehen, kann man nun mißhandeln, wie man will, es erfolgt keine Schmerzensäußerung, während die leiseste Berührung der noch an dem Rückenmarke hängenden Wurzelstümpfe auch die vorherigen Schmerzensäußerungen hervorruft. Hat man nun die Vorsicht gehabt, die hinteren Wurzeln sämmlicher Nerven, welche in einen Fuß

gehen, auf der einen Seite zu durchschneiden, so ist die Empfindlichkeit in dem ganzen Fuße durchaus aufgehoben. Man kann den Fuß, dessen hintere Nervenwurzeln durchschnitten sind, mit glühenden Eisen brennen, der Hund giebt nicht das geringste Zeichen von Schmerz, während unmittelbar vor der Durchschneidung schon ein Nadelstich ihn zum Schreien brachte.



Fig. 53.

Ein Theil des menschlichen Rückenmarkes in natürlicher Größe. Die Hüllen sind durch einen Längsschnitt gespalten, so daß man die hintere Fläche a. mit der hinteren Furche entblößt sieht. b. Die harte Rückenmarkshaut (äußerste Hülle) auf der linken Seite zurückgeschlagen, rechts abgetragen. c. Gezahntes Haltband mit der Spinnwebenhaut (mittlere Hülle) überzogen. d. Die hinteren Nervenwurzeln, rechts abgeschnitten. e. Die abgeschnittenen Fortsetzungen der Nerven. f. Die vorderen Wurzeln, nur auf der rechten Seite sichtbar. h. Die von der hinteren Wurzel gebildeten Ganglien. i. Die abgehenden Nerven, abgeschnitten.

Gänzliche Empfindungslosigkeit der Theile, zu welchen ein Nerve sich begiebt, ist demnach unmittelbare Folge der Durchschneidung der hinteren Wurzeln eines vom Rückenmarke entspringenden Nerven.

Ganz andere Resultate zeigen sich bei Reizung und Durchschneidung der vorderen Wurzeln, welche kein Ganglion besitzen. Jede Reizung derselben ist unmittelbar von einer heftigen Contraction derjenigen Muskeln gefolgt, in welchen sich der betreffende Nerve vertheilt. Bei jeder Schließung und Oeffnung einer galvanischen Kette, mit welcher man die vordere Wurzel in Verbindung setzt, entsteht eine Zuckung der Muskeln. Nach Durchschneidung der Wurzeln ist es dem Thiere unmöglich, den Fuß zu bewegen. Kneipt man es an dem gelähmten Fuße, so schreit es auf, sucht zu entfliehen, strengt sich an, durch Bewegungen den Schmerz abzuwehren; allein alle Anstrengungen bleiben fruchtlos, die Muskeln sind unbeweglich, der Fuß vollkommen gelähmt. Kneipt man die Wurzelstümpfe, welche noch mit dem Rückenmarke zusammenhängen, so erfolgt weder Schmerzensäußerung, noch Reaction in irgend einem Theile; reizt man hingegen die mit den Nerven zusammenhängenden Wurzeln, welche vom Rückenmarke getrennt sind, so erfolgen die Bewegungen und Muskelzuckungen ganz so, wie wenn sie noch mit dem Rückenmarke zusammenhängen würden.

Gänzliche Lähmung der Bewegung befällt demnach diejenigen Glieder, an deren Nerven die vorderen ganglienlosen Rückenmarkswurzeln durchschnitten sind.

Die genannten Versuche gehörten so lange, als man die Chloroformirung nicht kannte, zu den grausamsten, welche man an Säugethieren anstellen kann; ihre Resultate sind aber auch so durchaus schlagend, daß nicht der mindeste Einspruch dagegen erhoben werden kann. An Fröschen sind sie leicht anzustellen und man trennt nicht selten hier an dem linken Fuße z. B. alle hinteren, an dem rechten alle vorderen Wurzeln, um so die entgegengesetzten Phänomene an demselben Thiere auf verschiedenen Seiten zu zeigen. Der rechte Fuß ist gelähmt, der Frosch kann

ihn nicht mehr bewegen, er schleift ihn beim Kriechen nach, da ihm das Hüpfen unmöglich ist. Sticht oder kneipt man aber den gelähmten Fuß, so sucht der Frosch zu entrinnen und mit dem linken Fuße das Instrument, das ihm Schmerz verursacht, abzustreifen. Derselbe linke Fuß aber, der alle Bewegungen so vollkommen ausführt und so sichtlich dem Willen gehorcht, ist durchaus unempfindlich; man kann eine glühende Kohle auf ihn legen, ohne daß der Frosch nur daran denkt, den Fuß wegzuziehen.

Es beweisen diese Versuche auf das Schlagendste, daß die beiden Wurzeln eines Rückenmarksnerven durchaus verschiedene Functionen haben, daß die eine, mit einem Ganglion versehene hintere die Empfindung, die vordere dagegen die Bewegung vermittelt, und daß diese Nervenwurzeln nur dann noch einer Function fähig sind, sobald sie noch mit dem Rückenmarke zusammenhängen. Ist aber dieser unmittelbare Zusammenhang auf irgend eine Weise, mittelst der Durchschneidung, ja selbst nur durch Zusammenschnüren oder starken Druck aufgehoben, so existirt die Function der Nerven für das Thier nicht mehr; Empfindung wie Bewegung sind beide gleich unmöglich.

Das in dem beschriebenen Versuche gewonnene Resultat ist indeß nicht so durchaus rein, als wir eben dargestellt haben. Die vordere Bewegungswurzel besitzt allerdings einige Empfindlichkeit, allein diese Empfindlichkeit zeigt sich um so größer, je weiter entfernt von dem Rückenmarke die Wurzel angegriffen wird, und genauere Versuche lehren, daß diese Empfindung der vorderen Wurzel von Fasern mitgetheilt wird, welche aus der hinteren Wurzel in die vordere zurücklaufen. Die empfindenden Fasern entspringen also auch hier aus der hinteren Wurzel, biegen aber nach einigem Verlaufe in dem Nervenstamme nach der vorderen Wurzel um, um sich durch dieselbe wieder nach dem Rückenmark hinzubegeben.

Die so eben angeführten Fundamentalversuche können uns außer der Belehrung über die Grundverschiedenheit derjenigen Nervenfasern, welche von dem Rückenmarke abgehen, auch noch

mannigfaltige anderweitige Auskunft über Verhältnisse geben, welche für das Verständniß der Function der Nerven von Wichtigkeit sind. Wir sahen, daß bei Reizung der Nervenfasern dieselben durch diejenige Aeußerung ihrer Functionen antworteten, welche ihnen auch im Leben zugetheilt ist und die von den Centralorganen bedingt wird. So lange die bewegende Wurzel mit dem Rückenmarke zusammenhängt, kann das Thier das Spiel der von ihr versorgten Muskeln willkürlich hervorrufen; in dem Augenblicke, wo dieser Zusammenhang aufgehoben wird, kann dieses Spiel nur durch anderweite äußere oder innere, dem Nervensysteme fremde Anreizungen hervorgebracht werden. Die Reize wirken also auf die Nervenfasern ganz in derselben Weise, wie die von dem Centralorgane ausgehenden Anregungen, und es wird uns dadurch ein bequemes Mittel an die Hand gegeben, die Functionen der Nerven auch dann noch zu erforschen, wenn sie von dem Centralorgane und den mannigfachen verwirrenden Erscheinungen, die in denselben Platz greifen, losgelöst sind.

Als Reize können aber, wie aus den mannigfaltigen Versuchen hervorgeht, fast alle nur irgend denkbaren Veränderungen dienen. Chemische Reize, wie z. B. ätzende Alkalien, Säuren, sehr concentrirte Salzlösungen u. s. w., erregen meistens die Nerven, um sie nachher in ihrer Function gänzlich zu tödten, ja selbst Wasser wirkt auf sie ein und kann nach vorgängiger Reizung durch Quellung und Veränderung des Nerveninhaltes die Aufhebung der Functionen bedingen. Wärme wird empfunden, erregt also Reizung, während weit fortgeschrittene Grade von Wärme oder Kälte die Function ebenfalls tödten. Mächtiger wirken mechanische Reize und zwar um so mächtiger, je unmittelbarer und plötzlicher sie eingreifen; Druck im stärkeren Grade hemmt die Fortleitung; heftige Erschütterung wirkt reizend bis zum Starrkrampf, lähmt aber nachher; am mächtigsten endlich von allen Reizen wirkt die Electricität jeglicher Art und selbst dann noch, wenn alle übrigen Reize keine Wirkung mehr hervorbringen. Es ist uns unmöglich, hier genauer auf die verschiedenen gegenseitigen Beziehungen der Electricität und der Nerven ein-

zugehen; wir wollen nur bemerken, daß der von einem unversehrten Nerven besorgte Muskel stets zuckt, sobald die Kette eines schwachen electrischen Stromes, mag derselbe nun auf- oder absteigend sein, geschlossen wird; — daß indeß später, wenn der Nerv anfängt abzusterben, Zuckungen beim Schließen und Oeffnen der Kette entstehen und zuletzt in dem letzten Stadium der Erregbarkeit nur Oeffnungs- oder Schließungszuckungen sich zeigen, je nach der aufsteigenden oder absteigenden Richtung des Stromes. Eine allmähliche Zunahme oder Abnahme des galvanischen Stromes bewirkt niemals Zuckungen; es gehört dazu eine plötzliche stärkere oder schwächere Unterbrechung oder Veränderung des Stromes. Hat man eine Einrichtung, wie z. B. eine Rotationsmaschine, wodurch in außerordentlich kurzer Zeit durch unablässiges Schließen und Oeffnen der Kette eine große Anzahl von Stößen ertheilt wird, so summiren sich bei den Bewegungsnerven die einzelnen Zuckungen zu einem förmlichen Starrkrampfe, zum Tetanus, bei den Empfindungsnerven die einzelnen Schmerzstöße zu einem anhaltend dauernden unerträglichen Schmerze. Schon Mancher hat wohl bei befreundeten, launigen Physikern den Versuch gemacht, daß er in einer solchen Rotationsmaschine die Pole ergriff und sie nachher, trotz aller Schmerzen, nicht fahren lassen konnte, so lange seine Finger vom Starrkrampf um dieselben herumgebogen blieben, bis endlich das Aufhören der Maschinendrehungen ihn erlöste.

Die Reizversuche ergeben schon durch ihre Wirkung, daß die Nerven ein äußerst veränderliches Gebilde sind, dessen Function durch die verschiedensten Eingriffe sehr bald erlähmt werden kann. Alle Nerven werden nach einiger Zeit erschöpft in Beziehung auf den sie treffenden Reiz, so daß derselbe durchaus keine Reaction hervorzurufen mehr im Stande ist. Diese Erschöpfung dauert je nach dem Grade der Reizung und der Natur des Nerven verschieden lange. Nach Ablauf der Erschöpfungsperiode, wo offenbar durch die Ernährung der vor der Reizung bestandene Zustand wieder hergestellt ist, der Nerv also sich ausgeruht hat, wirkt der Reiz aufs Neue erregend ein. Es zeigen in dieser

Beziehung die verschiedenen Nerven eine höchst verschiedene Widerstandsfähigkeit gegen die Erschöpfung, indem dieselbe bei den einen nur langsam, bei den anderen aber schneller eintritt. Ebenso kann man sich überzeugen, daß Nerven, welche für eine gewisse Art von Reiz erschöpft sind, noch für Reize anderer Art ihre Empfindlichkeit bewahrt haben, so wie endlich auch diese Empfänglichkeit eine an und für sich verschiedene ist, was sich namentlich bei den Empfindungsnerven klar herausstellt, indem die einen nur geringen und dumpfen, die anderen aber sehr lebhaften Schmerz hervorrufen. Wissen wir ja doch selbst aus eigener Erfahrung, daß jede Art von Schmerz ihre specifische Eigenthümlichkeit besitzt, welche derjenige, der das Unglück gehabt hat von Nervenschmerzen verfolgt zu werden, vollkommen gut zu würdigen versteht.

Kehren wir nach dieser Ausschweifung über die Reize wieder zu den specifischen Eigenthümlichkeiten der Nerven zurück. Wir haben an dem Rückenmarke mit Sicherheit zwei Arten von ausgehenden Nervenfasern gefunden, bewegende und empfindende; wir können ganz ähnliche Erfahrungen an den meisten Hirnnerven machen, welche ebenfalls theils durch Schmerz, theils durch Bewegung einzelner Theile auf den Reiz antworten.

Die Reizung und Durchschneidung der Sinnesnerven dagegen bewirkt durchaus verschiedene Erscheinungen. Die Durchschneidung des Sehnerven, welche auch beim Menschen zuweilen vorgenommen wird, wenn es sich um Ausrottung eines krebsigen Auges handelt, ist nicht schmerzhaft, sie bewirkt keine Lähmung der Augenmuskeln; — im Momente der Durchschneidung aber sieht der Operirte eine hellglänzende Lichterscheinung, ein Feuermeer, das plötzlich in dunkle Nacht versinkt. Thiere, deren Sehnerven man isolirt durchschneidet, geben weder Schmerzensäußerungen, noch zeigen sich die Bewegungen des Auges verändert, wohl aber ist das Sehvermögen aufgehoben. Das Auge, dessen Sehnerve zerstört ist, empfindet kein Licht mehr, man kann eine brennende Kerze demselben nähern und mit dem Finger dagegen fahren, ohne daß die Augenlieder blinzeln, wie dies bei sehenden

Augen geschieht. Man hat ziemlich häufig Fälle beobachtet, wo der Sehnerve beim Menschen krankhaft zerstört, durch Geschwülste zusammengedrückt war — stets zeigte sich unheilbare Blindheit als Symptom einer solchen Entartung. Ein Gleiches zeigt sich bei den übrigen Sinnesnerven. Nach Durchschneidung, krankhafter Zerstörung oder bei angeborenem Mangel der Geruchsnerven fehlt die specifische Empfindung der Nase; die unheilbare angeborene Taubheit der taubstummen Kinder namentlich beruht oft auf Entartung oder Mangel der Hörnerven; die Tast- und Schmerzempfindung in den drei Sinnesorganen ist ebenso wie die Bewegung an andere Nerven gebunden.

Wir können demnach unter den peripherischen Nervenfasern, die vom Centralnervensysteme ausgehen, drei Klassen wesentlich verschiedener Functionen unterscheiden. Die einen vermitteln die Empfindungen, welche auf das allgemeine Gefühl einwirken, ihre Reizung bedingt stets einen gewissen Schmerz, der je nach dem Grade der Reizung sich steigert, es sind dies die sensiblen oder fühlenden Nervenfasern.

Die anderen bedingen ebenfalls Empfindungen; — die Richtung ihrer Thätigkeit geht ebenfalls von der Peripherie nach dem Centrum; allein es sind nur specifische Empfindungen, durch besondere Apparate vermittelt, welchen sie zugänglich sind: man nennt sie die sensuellen oder Sinnesnerven.

Die dritte Klasse endlich bedingt die willkürlichen Bewegungen; sie vermitteln die Zusammenziehungen der Muskeln: es sind die motorischen oder bewegenden Nervenfasern.

Einer vierten Art von Nervenfasern, der Gefäßnerven, die nirgends in isolirten Wurzeln auftreten, wohl aber, mit Ausnahme der Sinnesnerven, vielleicht allen übrigen Nervenwurzeln in größerer oder geringerer Zahl beigemischt sind, können wir erst später gedenken. Es schließen sich diese Fasern sowohl durch ihre Function, indem sie Zusammenziehung der Gefäßwandungen vermitteln, als auch durch die Richtung ihrer Leitung den bewegenden Fasern an, sind aber dadurch verschieden, daß sie dem Willen gänzlich entzogen sind.

Die sensiblen wie die sensuellen Nervenfasern stimmen hinsichtlich ihrer Function darin mit einander überein, daß sie Empfindungen jeglicher Art von außen dem Gehirne zuleiten; die Tastempfindung, Licht, Schall, Geruch und Geschmack werden an einem gewissen Körpertheile aufgenommen und dem Centralorgane zugeleitet. Die Richtung der Thätigkeit dieser Nerven geht deshalb von außen nach innen, von der Peripherie nach dem Centrum. Anders verhält es sich mit den motorischen Nervenfasern: diese nehmen keine Empfindungen auf; sie vermitteln aber die Leitung des Willens vom Gehirne aus zu den Muskeln; durch sie sind wir Herren unserer Bewegungen und befehlen gleichsam dieser oder jener Muskelfaser, sich zusammenzuziehen und so eine bestimmte Bewegung auszuführen, die wir beabsichtigen. Die Thätigkeitsrichtung dieser Nervenfasern geht somit von Innen nach Außen: die Leitung in den bewegenden Nerven ist centrifugal, die in den empfindenden Nerven centripetal.

Diese Ansicht geht auf die natürlichste und einfachste Weise als erste Schlußfolgerung aus den Versuchen und Beobachtungen etwa in derselben Weise hervor, wie die unmittelbare Anschauung uns lehrt, daß die Sonne auf- und untergeht, also sich um die Erde bewegt, während die eingehende Kritik gerade das Gegentheil darthut.

Auf die ausgezeichneten Untersuchungen der Neuzeit über die electrischen Eigenschaften der Nerven, sowie auf die mikroskopischen Untersuchungen gestützt, hatte man schon geglaubt, dieser Schlußfolgerung entgegen treten und an ihrer Statt annehmen zu müssen, daß alle Nervenfasern gleicher Natur seien, daß jede den Reiz nach beiden Seiten hin leite, daß aber die Verschiedenheit der Wirkung theils von den Organen, in welchen sie enden, theils von den Stellen der Centralorgane, in welchen sie entspringen, abhänge. In der That spricht für diese Ansicht namentlich der Umstand, daß die bewegenden und empfindenden Fasern der gemischten Nerven (wozu die meisten Körpernerven gehören) sogleich beim Eintritte in die Centralorgane oder selbst noch vor

demselben auseinander treten und an verschiedenen Orten des Organes ihren Ursprung nehmen. Ebenso sprechen dafür die stets zahlreicher werdenden Nachweise von specifisch gebauten Endorganen, deren Bau offenbar auch auf den Empfang von speciell differenzirten Reizen berechnet sein muß. Endlich aber hat der Versuch directe Beweise geliefert. Wir wollen einen solchen Beweis genauer zergliedern.

Schneidet man einen Nerven durch und trennt ihn auf diese Weise von dem Centralorgane, so entarten die Fasern von der Trennungsstelle bis zu ihrem peripherischen Ende; sie werden undurchsichtig, körnig, falten sich und werden grau. Wachsen aber die Durchschnittsenden wieder zusammen, so stellt sich auch allmählich das normale Ansehen und die Leitungsfähigkeit für Reize wieder her. Nun heilen aber nicht nur die Enden desselben Nerven, sondern auch die verschiedener Nerven zusammen und darauf hat man den Versuch gegründet.

Es giebt an der Zunge zwei Nerven von ganz verschiedener Function. Der Zungenfleischnerv (Hypoglossus) ist ein reiner Bewegungsnerv; der Zungenast des fünften Paares oder kurz der Zungennerv (Lingualis) ein reiner Empfindungsnerv; im ersten ist also die Leitung centrifugal, im letzteren centripetal. Beide laufen am Halse des Hundes auf einer geraumen Strecke neben einander. Man hat sie blosgelegt, durchschnitten und das vom Gehirne herkommende Stück des Fleischnerven mit den Wurzeln ausgerissen. Dann hat man von dem Empfindungsnerven ein großes peripherisches Stück herauspräparirt und ausgeschnitten, die beiden Nerven zusammengeheilt und ihre Restauration abgewartet. An das vom Gehirne herkommende Wurzelstück eines centripetal leitenden Empfindungsnerven war also das peripherische Ende eines centrifugal leitenden Bewegungsnerven angeheilt. Untersucht man nun etwa vier Monate nach der gelungenen Operation das Thier, so findet man, daß es Schmerz äußert, wenn man die Zungenseite kneipt, in welche sich der Fleischnerv verzweigt, und daß die Zunge sich bewegt, wenn man den Empfindungsnerven über der Heilungsstelle reizt. Schneidet

man hier den Nerven durch, so äußert das Thier zugleich Schmerz und zeigt heftige Muskelzusammenziehung der Zunge, die sich wiederholt, so oft man den durchschnittenen Nerven über der Heilungsstelle reizt. Die zusammengeheilten Fasern leiten also zu gleicher Zeit nach beiden Richtungen hin und die Leitung des Reizes kommt zum Ausdrucke, weil die beiden Enden mit entsprechenden Endorganen in Verbindung stehen.

Diese Versuche, so beweisend sie sind, erscheinen indessen doch nur für die allgemeine Anschauung, die wir von der Nervenleitung haben können, von Wichtigkeit. Im gesunden, wie kranken Körper haben wir es nur mit Nerven von bestimmter Leitungsrichtung zwischen zwei bestimmten Endpunkten, in der Peripherie, wie im Centralorgane zu thun und hier muß man sagen, daß die Resultate, welche aus den Versuchen über die Nervenwurzeln hervorgehen, sich für den ganzen Verlauf einer jeden einzelnen Primitivröhre erhalten. So wie eine jede derselben während ihres ganzen Verlaufes anatomisch vollkommen isolirt ist, so ist sie es auch in functioneller Hinsicht. Nur diejenigen Primitivröhren, welche von einem Reize getroffen werden, reagiren darauf in der ihnen eigenthümlichen Weise; — die übrigen, welche neben ihnen in demselben Nervenbündel liegen, nehmen auf keine Weise an dieser Reaction Antheil. Die Reaction bleibt aber auch dieselbe, ob man nun die Primitivröhre an ihrem Austritte aus dem Rückenmark in der Wurzel, im Stamme oder in der Nähe ihres peripherischen Endes angreife. Die auf die Reizung erfolgende Reaction des Nerven in seiner eigenthümlichen Weise durch Schmerz, Sinnesempfindung oder Bewegung findet auf der ganzen Länge des Verlaufes in gleicher Weise statt.

Jede Primitivröhre eines peripherischen Nerven bildet demnach eine in sich isolirte Leitungsröhre, die von ihrem Endbezirk bis zu ihrem Eintritte in das Centralorgan eine und dieselbe Function beibehält.

Aus dieser Isolirung einer jeden einzelnen Primitivröhre in ihrem peripherischen Verlaufe läßt sich zugleich durch physiologische Versuche ermitteln, welches eigentlich die Verbreitungsbezirke jeder

einzelnen Gruppe von Primitivröhren seien, die in einem Nervenbündel zusammengefaßt sich nicht mehr anatomisch anders verfolgen lassen, als indem man bei einem lebenden Thiere sie an der Wurzel durchschneidet und nun die degenerirten Fasern aufsucht, was immerhin nicht ganz leicht ist. Viele Nerven bestehen aus Geflechten, sogenannten Plexus, die auf die Weise erzeugt werden, daß mehrere Nervenbündel sich zu einem Stamme vereinigen, welcher später sich aufs Neue verzweigt. Die Verfolgung des Weges, den die einzelnen Primitivröhren in diesen Geflechten durch den Stamm hindurch bis in die Aeste nehmen, ist dann dadurch möglich, daß man aus der Reaction an verschiedenen Stellen auf die Fortsetzung der Röhren in dem Zwischenraume schließt. Man hat auf diese Weise gefunden, daß der Weg mancher Fasern äußerst complicirt ist, und daß namentlich durch die Geflechte und die Ganglien des sympathischen Nervensystemes hindurch einzelne Primitivröhren oft einen Verbreitungsbezirk finden, den man ihnen ihrem Ursprunge nach nicht zutrauen sollte. Die Untersuchung des Verbreitungsbezirkes der einzelnen Nerven ist demnach eine wichtige Aufgabe für die Physiologie, und die Feststellung dieses Verbreitungsbezirkes und damit auch der Wirkung des Nerven selbst ist nicht nur an sich, sondern auch in ihren Folgen für Medicin und Chirurgie äußerst einflußreich. In physiologischer Hinsicht könnte es zwar am Ende ziemlich gleichgültig sein, ob die Nervenfasern, welche ein paar Muskeln des Fußes in Bewegung setzen oder das Gefühl eines Stückes Haut vermitteln, diesem oder jenem Stamme sich zugesellen; — für den Arzt aber, der aus vorhandenen Schmerzen, aus abnormen Bewegungen, aus Lähmung einzelner Theile auf krankhafte Veränderungen zurückschließen soll, die vielleicht an einer ganz anderen Stelle des Körpers ihren Sitz haben, ist dieser Gegenstand von der höchsten Wichtigkeit. Nicht minder vergrößert sich das Interesse an den Functionen der einzelnen Nerven für den Physiologen, wenn diese Verbreitungsbezirke auf solche Apparate fallen, welche zu den größeren Processen des Lebens, zu Athmung, Blutlauf, Verdauung eine bestimmte Beziehung haben. In dieser

Hinsicht sind besonders einige Hirnnerven interessant, von deren Functionen wir hier eine kurze Skizze geben wollen.

Der dreigetheilte Nerve oder das fünfte Hirnnervenpaar ist, wie oben bemerkt wurde, ein gemischter Nerve, der aus zwei Wurzeln, einer großen, vorzugsweise empfindlichen, und einer kleinen, nur motorischen Wurzel entspringt, welche die Kaubewegungen vermittelt. Ein großes Ganglion, der sogenannte Gasser'sche Knoten, ist an der größeren sensitiven Wurzel ausgebildet, so daß die Structur des Nerven im Ganzen der eines Rückenmarksnerven ziemlich ähnlich sieht. Mittelst eines eigenen kleinen Instrumentes gelingt es bei Kaninchen und jungen Hunden, wo die Schädelwandungen nicht allzu fest sind, ziemlich leicht, ohne Verletzung anderer Theile den Nerven innerhalb der Schädelhöhle vollständig zu durchschneiden und so seine Function gänzlich aufzuheben. Die Erscheinungen, welche dieser Operation folgen, stimmen gänzlich mit den Symptomen überein, welche sich bei Menschen fanden, deren dreigetheilter Nerve durch irgend eine Ursache gelähmt war. Der Nerve ist vorzugsweise der Empfindungsnerve des Gesichtes und vielleicht der empfindlichste aller Nerven des Körpers. Die Thiere schreien entsetzlich bei seiner Durchschneidung, und wie bekannt gehören Zahnschmerzen, so wie die eigenthümlichen Gesichtsschmerzen, denen manche Kranke ausgesetzt sind, zu den furchtbarsten Qualen, die der Mensch erdulden kann. Nach der Durchschneidung oder krankhaften Lähmung des Nerven ist die ganze Hälfte des Vorderkopfes, zu welcher sich der Nerv verzweigt, empfindungslos geworden. Die Stirn- und Wangenhaut, die innere Schleimhaut der Nase und der ganzen Mundhöhle sind durchaus unempfindlich. Man kann mit einer Nadel in die Wange, in die Zunge, in die Nase stechen, ohne daß der Kranke die mindeste Empfindung davon hat. Ja man kann mit der Nadel oder einem Stückchen Papier auf dem geöffneten Auge oder unter den Augenliedern herumkratzen, ohne daß der mindeste Schmerz erzeugt wird. Diese Empfindungslosigkeit hat mancherlei Erscheinungen im Gefolge. Trinkt ein Kranker, dessen Nerv auf der einen Seite gelähmt ist, so kömmt es ihm

vor, als ob aus dem Glase auf der entsprechenden Seite ein Stück ausgebrochen sei; kaut er, so scheint der Bissen, welcher auf die empfindungslose Seite der Zunge und der Zähne kommt, aus dem Munde gefallen. Oft auch zerbeißt der Kranke seine Zunge auf der leidenden Seite, weil ihn keine Schmerzempfindung benachrichtigt, daß dieselbe unter die Zähne gekommen sei. Da zugleich die Kaumuskeln, welche von der kleinen Wurzel des dreigetheilten Nerven versorgt werden, auf der entsprechenden Seite gelähmt sind, so gewöhnt sich der Kranke nach und nach, nur auf der gesunden Seite zu kauen, wo dann auch die Zähne mehr abgerieben werden und in Folge dessen auf der empfindungslosen Seite zuweilen seltsame Formen annehmen. Da der dreigetheilte Nerve auch eine Menge von Gefäßfasern enthält, so zeigen sich eine Menge von Erscheinungen, welche von Lähmung derselben in der entsprechenden Kopfhälfte zeugen. Die Gefäße erschlaffen, erweitern sich, füllen sich mit Blut strotzend an; es entsteht eine sogenannte passive Injection, welche eine Veränderung der reichlicher gewordenen Absonderung und eine große Reizbarkeit in den mit Blut überfüllten Organen im Gefolge führt. Am meisten wirkt dies auf das Auge, so daß, wenn nicht alle äußere Reizung durch Staub, Berührung u. s. w. sorgfältig vermieden wird (was namentlich bei Thieren um so schwieriger ist, als die Empfindung, welche sonst von dem Dasein solcher Reize Kenntniß giebt, vollkommen aufgehoben ist), das Auge sich entzündet und zuletzt gänzlich durch Eiterung zerstört wird.

Dem dreigetheilten Nerven gerade entgegengesetzt ist in seiner Wirkung der Antlitznerv oder das siebente Nervenpaar. Dieser ist der Bewegungsnerv des Gesichtes : er bedingt den mimischen Ausdruck, das die Empfindungen begleitende Mienenspiel. Nach seiner Lähmung, die man zuweilen auf Universitäten in Folge einer richtig geführten steilen Quarte zu beobachten Gelegenheit hat, hängen die Muskeln der entsprechenden Seite schlaff herab, die Augenlieder müssen mit den Fingern geöffnet werden, und aus dem gelähmten Mundwinkel fallen leicht Speisen und Getränke heraus. Dauert die Lähmung länger an, so wird

allmählich das Gesicht auf die gesunde Seite gezogen, da die gelähmten Muskeln der kranken Seite nicht mehr denen der entgegengesetzten Gesichtshälfte das Gleichgewicht halten. Außerdem enthält der Antlitznerve noch Gefäßfasern für die beiden hauptsächlichsten Speicheldrüsen, nämlich die Ohrdrüse und die Unterkieferdrüse, so daß bei seiner Zerstörung hoch oben im Schädel die Speichelabsonderung aufhört.

Eines der merkwürdigsten Nervenpaare hinsichtlich seiner Vertheilung im Körper ist das zehnte oder herumschweifende Paar. Es entspringt weit hinten an dem verlängerten Marke, mit einer Menge von Fasern, die großen Theils fühlend und nur sehr wenig motorisch sind. Gleich nach seinem Ursprung aber nimmt es den größten Theil der Fasern des fast rein motorischen elften Paares, des Beinerven, auf, und läuft nun an dem Halse zur Seite der großen Halsschlagader herab. Der äußere Gehörgang, ein Theil des weichen Gaumens, der Schlundkopf, Schlund und Magen, Kehlkopf, Luftröhre, Lungen und Herz werden nun von den Zweigen der so vereinigten Nerven versehen, und somit stehen auch die Functionen der Ernährung und Verdauung, der Athmung und des Kreislaufes, welche zum Theil an die genannten Organe gebunden sind, mit dem herumschweifenden Nerven in nächstem Zusammenhange. Durch seine Verbindung mit dem Beinerven ist der herumschweifende Nerv zugleich ein gemischter geworden, und steht nun in wesentlicher Beziehung zu den Bewegungen und den Gefäßen sowohl, als auch zu den Empfindungen.

Die Durchschneidung des herumschweifenden Nerven ist bei Hunden und Katzen ungemein schmerzhaft; die Thiere schreien laut auf, sind aber hernach unempfindlich an den von ihm versorgten Theilen. Bei Kaninchen ist die Empfindlichkeit weit geringer. Kitzeln des Kehlkopfes, der inneren Fläche der Luftröhre, was sonst Husten hervorbringt, hat keine Wirkung. Der untere Theil der Speiseröhre ist gelähmt; durch Niederschlucken bringen die Thiere Speisen und Flüssigkeiten bis etwa in die halbe Länge des Schlundes, wo sie liegen bleiben, den gelähmten Schlund

ausdehnen und endlich durch Erbrechen wieder herauf befördert werden. Man sieht operirte Hunde Tage lang sich abquälen, indem sie das Erbrochene stets wieder auffressen, hinabschlucken und von Neuem erbrechen. Hat man eine künstliche Magenöffnung vorher gemacht, so daß man in dieses Organ hineinschauen kann, so findet man, daß die Magenbewegungen nicht verändert sind, daß dagegen die Absonderung des Magensaftes längere Zeit nach der Durchschneidung des herumschweifenden Nerven deshalb geringer wird, weil gar keine Flüssigkeit zum Ersatz der Absonderungen in das Blut gelangt. Spritzt man Wasser in den Magen, so wird dieses vollkommen aufgesaugt und gleich darauf stellt sich die Absonderung des Magensaftes und die Verdauung in normaler Weise ein. Die Erscheinungen, welche man nach der Durchschneidung der herumschweifenden Nerven an dem Magen beobachtet, hängen deshalb weder von dem Aufhören der Magenbewegungen, noch von dem Aufhören der Magensaftabsonderung und einer dadurch bedingten Verdauungsstörung ab : sie sind zuerst Folge der schweren, lebensgefährlichen Operation und dann auch Folge des gehinderten Einströmens von Flüssigkeit in den Magen und deshalb auch ganz den Erscheinungen ähnlich, die man bei längerem Dursten beobachtet. Die Bewegungen des Herzens werden zitternd, unregelmäßig und nehmen bedeutend an Zahl zu. Indeß ist der Einfluß der Durchschneidung auf die Herzbewegungen nicht so bedeutend, daß man hierin allein die wesentliche Ursache zur Veränderung des Gesundheitszustandes finden könnte. Der Einfluß auf die Athemwerkzeuge wirkt nicht minder zu den allgemeinen Krankheitserscheinungen, Fieber, Sinken der Wärme, Abmagerung und endlichen Tod mit. Die Zahl der Athemzüge wird bedeutend geringer; eine bedeutende Athemnoth wird sichtbar; die Einathmung geschieht tief und langsam, die Ausathmung schnell und stoßweise. Es hängen diese Erscheinungen von verschiedenen Umständen ab. So wie die Empfindungen des Kehlkopfes vernichtet sind nach Durchschneidung des herumschweifenden Nerven, so zeigen sich auch die für die Athmung so wichtigen Bewegungen

des Kehlkopfes aufgehoben. Die Stimmbänder, welche die Stimmritze öffnen und schließen, fallen zusammen und werden bei der Einathmung durch den Druck der einströmenden Luft zugedrückt, wie die Klappen eines Ventiles; das Thier ist stimmlos, es sucht vergebens zu schreien; die Stimme versagt gänzlich; nur mittelst tiefer heftiger Einathmungen kann es etwas Luft durch die zugeklappte Stimmritze pressen; allein die Athemnoth wird stets größer und größer, und wenn man nicht durch Eröffnung der Luftröhre unterhalb des Kehlkopfes der Luft Zutritt gestattet, so stirbt das Thier, wenn es jünger ist, unausbleiblich an Erstickung. Allein auch wenn man eine künstliche Luftröhrenöffnung unter dem Kehlkopfe anlegt und in Folge dessen das Thier länger am Leben bleibt, sinken die Athemzüge bedeutend an Zahl, sie sind tief und mühevoll und man bemerkt, daß die so veränderten Athembewegungen dem Respirationsbedürfniß nicht Genüge thun.

Bei älteren Thieren sind die Kehlkopferscheinungen nicht so bedeutend; bei ihnen bleibt beständig der hintere Theil der Stimmritze noch offen, so daß der Luftzutritt zwar beschränkt, aber nicht gänzlich aufgehoben wird. Jüngere Thiere dagegen, bei welchen dieser Unterschied zwischen dem stets offen bleibenden hinteren Theile, der sogenannten Athemritze, und der durch die Stimmbänder sich gänzlich schließenden vorderen eigentlichen Stimmritze nicht existirt und die ganze Stimmritze durch Lähmung sich schließt, sterben sehr bald an Erstickung. Leben die Thiere länger, so entwickelt sich eine eigenthümliche Lungenkrankheit, die offenbar daher rührt, daß die Gefäßnerven der Lunge in den herumschweifenden Nerven großentheils enthalten und mit ihnen durchschnitten worden sind. Die feinen Lungengefäße erweitern sich, strotzen von Blut, sondern wässerigen Schleim ab, der die Luftgänge verstopft und das Lungengewebe wassersüchtig anschwellt — die Luftbläschen werden unwegsam, stellenweise über Gebühr aufgeblasen; das Blut stockt und gerinnt in den Lungen. Zu dieser stets vorhandenen Entartung, bei welcher begreiflicher Weise der Athemproceß nur sehr mangelhaft von statten geht, gesellen sich dann noch häufig partielle Entzündungen der Lunge,

und oft kann man nachweisen, daß diese Entzündungen offenbar von den eingedrungenen fremden Körpern herrühren und so den Tod beschleunigt haben. Allein die Thiere gehen auch zu Grunde, wenn man die Luftröhre öffnet und durch Einführung einer nach außen hervorstehenden Röhre das Eindringen fremder Körper in die Luftwege verhindert. In diesem Falle fehlen auch die erwähnten Entzündungserscheinungen in der Lunge, und dennoch sterben die Thiere an der erwähnten Entartung aus Blutfülle der Lungen. Zwar hat man aus diesen Erscheinungen den Schluß ableiten wollen: der herumschweifende Nerve wirke direct auf den Chemismus der Athmung ein; allein die aus der Stockung des Blutes in den gelähmten Gefäßen hervorgehende Lungenentartung genügt vollständig zur Erklärung aller krankhaften Erscheinungen und des endlichen Todes.

Während sich in dem herumschweifenden Nerven ein Beispiel darbietet, wie die mannigfachsten Functionen verschiedener Theile, Empfindung und Bewegung in einen einzigen Stamm zusammengefaßt werden können, zeigt im Gegentheile der Nervenapparat der Zunge, des Gaumens und Schlundkopfes eine Zersplitterung der einzelnen Functionen, die um so lehrreicher ist, als die Functionen selbst in hohem Grade entwickelt sind. Die Zunge ist eines der beweglichsten Organe des Körpers; die Feinheit des Gefühles in der Zungenspitze namentlich ist größer als an allen übrigen Theilen; die vorderen und hinteren Theile der Zunge endlich sind der Sitz einer specifischen Empfindung: des Geschmackes, der auch im Rachen und dem Anfange des Schlundkopfes sich verbreitet zeigt. Jede dieser Functionen ist an bestimmte Nerven gebunden: die Bewegung an den Zungenfleischnerv, den letzten der Gehirnnerven; die Empfindung an einen besonderen Ast des fünften Paares oder des dreigetheilten Nerven; die Geschmacksempfindung an diesen empfindenden Zungenast des fünften Paares und an das neunte Nervenpaar, den Zungenschlundkopfnerven oder Glossopharyngeus. Die Durchschneidung der Zungenfleischnerven lähmt alle Bewegungen der Zunge; diese hängt schlaff aus dem Munde her-

vor, kommt bei jeder Kaubewegung zwischen die Zähne und wird von diesen zerfleischt, ohne daß das Thier sie zurückziehen könnte; die Verwundungen der Zunge sind deshalb nicht minder schmerzhaft für dasselbe, jeder Nadelstich erregt Schmerz, und indem das Thier seine gelähmte Zunge zerbeißt, heult es laut vor Schmerz. Nach der Durchschneidung der Zungenäste des fünften Paares ist vollständige Unempfindlichkeit eingetreten. Man kann das sonst so empfindliche Organ mit einer glühenden Nadel durchstoßen, ohne daß die Thiere es fühlen; die Nahrungsmittel, welche auf der Zunge liegen, bleiben unbemerkt. Die Bewegungen der Zunge sind in voller Integrität vorhanden, ebenso die Geschmacksempfindungen im hinteren Theile der Zunge. Berührung desselben mit bitteren Substanzen ruft die heftigsten Bewegungen des Abscheus und Ekels hervor, und dasselbe Thier, dem man die Zunge zerfleischen kann, ohne daß es Schmerz empfindet, duldet nicht die Berührung mit einem in bittere Coloquintentinctur getauchten Stäbchen. Der Geschmack ist aber in dem vorderen Dritttheile der Zunge durchaus verschwunden, so daß man dieses allerdings mit schlechtschmeckenden Substanzen aller Art berühren kann, ohne daß dagegen ein Widerwillen gezeigt wird. Die Durchschneidung der Zungenschlundkopfnerven endlich bedingt den Verlust des Geschmackes in den hinteren zwei Dritttheilen der Zunge und dem Rachen. Das Thier bewegt die Zunge nach wie vor, es empfindet mit derselben Schärfe jede mechanische Berührung, jeden chemischen Reiz; es frißt aber in bittere Substanzen getauchtes Fleisch, es säuft Coloquintentinctur, wie wenn man ihm reines Wasser vorgestellt hätte, während unmittelbar vor der Operation es den größten Abscheu davor zu erkennen gab.

Genaue Versuche scheinen also zu beweisen, daß zwar beide Nerven Geschmacksempfindung besitzen, daß aber dieselbe verschiedener Art ist, indem der Zungenast des fünften Paares hauptsächlich für süße und sauere, der Zungenschlundkopfnerv dagegen hauptsächlich für bittere Substanzen Geschmacksempfindung besitzt.

Hieraus, sowie aus der außerordentlich gesteigerten Empfin-

dung der Zungenspitze gegen Tasteindrücke jeder Art lassen sich denn auch die verschiedenen Erklärungen rechtfertigen, welche man hinsichtlich der Resultate dieser Versuche an der Zunge aufgestellt hat. Indem nämlich die Einen dem Zungenaste des fünften Paares, wie wir hier thun, wirkliche Geschmacksempfindung zuschreiben, erkennen die Anderen in den unleugbaren Empfindungen dieses Nerven nur eine Verfeinerung und Potenzirung der gewöhnlichen Tastempfindungen.

In der That hängt die Entscheidung dieser Frage mehr von theoretischen, als von thatsächlichen Gesichtspunkten und namentlich von der Art ab, wie man die Begriffe der Sinnesempfindungen überhaupt abgrenzt. Wir haben oben eine Klasse von Primitivfasern als fühlende (sensible) abgeschieden, deren allgemeine Eigenschaft darin besteht, daß sie auf jede tiefer eingreifende Reizung durch Schmerz reagiren. Es wäre aber thöricht, wenn man behaupten wollte, diese sensiblen Nervenfasern seien nun durchaus einander so gleich, daß, abgesehen von der Localisation ihrer Thätigkeit, man keinen anderen Unterschied zwischen ihnen entdecken könnte. Das Wollustgefühl ist nicht gleich mit dem Tastgefühl der Finger; Schmerz- und Tast-Empfindung sind sogar, wie wir später sehen werden, so sehr verschieden, daß sie an verschiedene Fasern des Rückenmarkes gebunden erscheinen; der dumpfe Schmerz, den Knochenverletzungen mit sich führen, der entmannende Schmerz, welcher Nervenwunden der Genitalien begleitet, sind nicht gleich mit dem Schmerze, den man im Zahne oder in der Wange leidet. Die Qualität der Reaction ist mithin in jeder Nervenfaser eine eigenthümliche, und die Qualität der Empfindung, welche sie besitzt, ist nicht minder eigenthümlich. Wir werden bei genauerer Betrachtung des Tastgefühles und der Sinnesempfindungen sehen, daß auch die Quantität der Reaction wie der Empfindung wesentlich verschieden ist in den verschiedenen Primitivfasern, und daß somit ein weiter Spielraum für Modification der durch sie bedingten Erscheinungen übrig bleibt.

Halten wir nun an dem Grundsatze fest, nur diejenigen Nerven specifische Sinnesnerven zu nennen, welche auf Ver-

letzung nicht durch Schmerz, sondern durch eine andere specifische Empfindung reagiren, so ist der Zungenast des fünften Nervenpaares wohl kein Sinnesnerv. Seine Durchschneidung ist äußerst schmerzhaft; seine Lähmung, die man beim Menschen schon öfter beobachtet hat, bedingt Aufhebung des Gefühles. Die anerkannten Sinnesnerven sind aber nie schmerzhaft. Man hat den Geruchsnerven, den Sehnerven, den Hörnerven unzählige Male bei Thieren durchschnitten, ohne die mindeste Schmerzensäußerung zu sehen; man hat den Sehnerven häufig bei Ausrottung des Augapfels durchschnitten und man weiß, daß die Operirten im Augenblicke der Durchschneidung ein Feuermeer zu sehen glaubten, aber keinen Schmerz empfanden; daß bei Reizung des Nervenstumpfes beim Verbande oder durch Entzündungen Lichterscheinungen auftraten, aber keine Schmerzempfindung. Man hat noch nicht gehört, daß bei Reizungen des Zungenastes vom fünften Paare Geschmacksempfindungen als Reaction verspürt worden wären.

Die Empfindungen des Sauren und Salzigen an der Zungenspitze können indeß in der That nicht geleugnet werden, wenn man auch vielleicht die Erkenntniß dieser Geschmäcke zu hoch angeschlagen hat. Es ist wahrlich unmöglich, mit geschlossenen Augen bei herausgestreckter Zungenspitze und Betupfen derselben mit Salz oder Zuckerlösung den Geschmack beider zu unterscheiden: beide erregen eine gewisse Empfindung, die man nicht genau zu bezeichnen weiß, die auch in etwas verschieden ist; aber dennoch nicht so sehr verschieden sich zeigt, als es der Geschmack der genannten Körper ist. Bedenkt man nun, daß die Zungenspitze der empfindlichste Theil des menschlichen Körpers ist, so löst sich diese Erscheinung auf die befriedigendste Weise. Das Tastgefühl unserer Finger läßt uns sehr wohl unterscheiden, ob wir in Wasser oder in Oel greifen, während uns am Rücken diese Unterscheidung unmöglich ist; Tasteindrücke, die für einen Ungeübten ununterscheidbar sind, werden von einem Geübten noch sehr wohl in ihrer Verschiedenheit aufgefaßt. Ein Blinder, welcher den fehlenden Sinn theilweise durch Uebung seines Tastsinnes zu ersetzen sucht, kann es unglaublich weit in dieser Ver-

feinerung seines Tastgefühles bringen. Die Zungenspitze verhält sich aber zu dem Finger etwa wie der Finger des geübten Blinden zu demjenigen des ungeübten Sehenden. Wo unser Finger keinen Unterschied mehr tastet, da fühlt ihn die Zungenspitze noch heraus, und was wir so als Geschmacksempfindung der Zungenspitze bezeichnen, ist nur eine verfeinerte Tastempfindung, die sich aber bald mit der Geschmacksempfindung mischt und deshalb mit derselben zusammengeworfen wird. Bei anderen Sinnen ist man schon längst über diese unwillkürlichen Verwechslungen im Klaren; Jedermann legt dem flüchtigen Salmiakgeist z. B. einen stechenden Geruch bei, während man bei genauerer Analyse findet, daß dieses Stechen nur eine Tastempfindung ist, bedingt durch die Aetzung der Schleimhaut mittelst des caustischen Ammoniaks. Salzige, saure Substanzen, Lösungen von verschiedenem Concentrationsgrad, die einen endosmotischen Strom auf der Zunge erregen, bedingen eine eigenthümliche Tastempfindung, die dann mit der später erfolgenden Sinnesempfindung zusammengeworfen wird.

So die Schlußfolgerung derjenigen, welche in den Geschmacksempfindungen des fünften Paares nicht eigentlichen Geschmack, sondern nur gesteigerte Tastempfindung erblicken wollen.

Wir haben in den vorstehenden Zeilen die directen Einflüsse und Reactionen derjenigen Nerven untersucht, welche von den Centralorganen, Hirn und Rückenmark, entspringen; es wird nicht unwichtig sein, auch auf einige indirecte Folgen der Aufhebung des Nerveneinflusses einzugehen, welche theilweise mit anderen Functionen in Zusammenhang stehen.

Nach der Durchschneidung des fünften Nervenpaares, die man am besten mittelst eines eigenen Instrumentes bei Kaninchen in der Schädelhöhle vornimmt, sahen wir vielfache Veränderungen in den Ernährungserscheinungen des Antlitzes und namentlich des Auges eintreten, die wir wesentlich auf die Durchschneidung der Gefäßnerven bezogen, welche in dem dreigetheilten Nerven ihre Bahn haben. In Folge dieser Durchschneidung sahen wir Blutüberfüllung in allen Theilen, die von dem Nerven

versorgt werden, reichlichere Absonderungen, Geneigtheit zu Entzündungen, die bis zur Auseiterung des Augapfels, zu Blutungen und Geschwüren im Munde und auf der Backe fortschreiten können.

Die Verletzung anderer Hirnnerven liefert ähnliche Resultate und berechtigt zu dem Schlusse, daß auch in diesen Gefäßnerven verlaufen.

Die Störungen der Ernährungserscheinungen, welche man nach Durchschneidung der betreffenden Rückenmarksnerven, an gelähmten Gliedern z. B., beobachtet, sind zwar ziemlich constant, doch nicht über alle Zweifel erhaben. Zwar beobachtet man häufig an Fröschen, daß nach der Durchschneidung der Hüftnerven der gelähmte Schenkel nicht nur abmagert, sondern daß auch die Oberhaut sich abstößt, Schimmel sich auf der Oberfläche des Gliedes erzeugt, und selbst brandige Zerstörung eintritt; in anderen Fällen fehlen aber diese Erscheinungen ganz, oder stellen sich auch, je nach der Behandlung und anderen noch weniger gekannten Einflüssen, bei gesunden Fröschen ein. Säugethiere, denen man den Hüftnerven durchschnitten und so das Bein gelähmt hat, laufen sich den Fuß auf und erzeugen dadurch Geschwüre, die oft bis auf den Knochen greifen: die Haare reiben sich ab, die Nägel entarten häufig, das ganze Glied erscheint welk und abgemagert.

Aehnliche Erscheinungen hat man zuweilen auch bei gelähmten Gliedern von Menschen beobachtet. Nicht selten ist die Durchschneidung ganzer Nervenstämme bei Ausrottung von Geschwülsten unvermeidlich. Man hat in solchen Fällen an dem gelähmten Fuße Geschwürsbildungen und später zuweilen sogar Verkrümmung und Klumpfußbildung beobachtet. Auch sind die Fälle nicht selten, wo das Rückgrat gebrochen und das Rückenmark an der Bruchstelle zerquetscht wird, so daß die unteren Extremitäten in Empfindung und Bewegung gelähmt werden. Ist der Bruch tief unten geschehen, so daß die Athembewegungen nicht beeinträchtigt sind, so kann die Verletzung, der Knochenbruch, geheilt und der Kranke am Leben erhalten, nicht

aber von den Folgen der Rückenmarksverletzung befreit werden. Solche Unglückliche fühlen meist Kälte an den bewegungs- und empfindungslosen Extremitäten, wenn diese nicht sehr sorgfältig eingewickelt und künstlich gewärmt werden; die Haut wird borstig, schlaff, das bloße anhaltende Liegen auf einer und derselben Seite bedingt schon, wie jede andere noch so kleine Verletzung, bösartige fressende Geschwüre, die fast nicht zum Heilen zu bringen sind — die ganze Constitution der gelähmten Glieder hat nicht mehr die frühere Widerstandskraft gegen schädliche Einflüsse. Wahrscheinlich hängt das Fehlen oder die Geringfügigkeit solcher krankhaften Veränderungen bei einzelnen Individuen damit zusammen, daß gar keine oder nur wenige Gefäßnerven innerhalb der verwundeten Stämme ihre Bahn besitzen.

Dem sympathischen Nervensysteme wurde besonders von jeher der wesentlichste Einfluß auf das vegetative Leben überhaupt zugeschrieben. Hier häufen sich aber die Schwierigkeiten der experimentellen Untersuchung in weit bedeutenderem Maße, als bei den aus Hirn und Rückenmark entspringenden Nerven. Das Gewirr der Nervengeflechte, die häufige Einschaltung von selbst mikroskopisch kleinen Knoten und Ganglien, die Zersplitterung in feine Zweige, die nur mit größter Mühe verfolgt werden können, die tiefe Lage zwischen Eingeweiden und Blutgefäßen, die Unkenntniß des Verlaufes der einzelnen Primitivröhren : alle diese Verhältnisse zusammengenommen stellen den Versuchen an lebenden Thieren, die einzig maßgebend sein können, so bedeutende Schwierigkeiten entgegen, daß noch jetzt dieselben nur zum geringen Theile überwunden sind.

Von den Ganglien müssen wir vor der Hand noch ziemlich absehen. Wir wissen, daß in ihnen neue Fasern entspringen, daß andere nur durch sie hindurchgehen, um häufig ablenkenden Bahnen zu folgen. Wir wissen auch, daß die in ihnen enthaltenen Fasern durchaus nicht die Isolirung ihrer Leitung behalten und daß wir berechtigt sind, ähnliche Mittheilungen und Reflexe innerhalb ihrer Substanz anzunehmen, wie wir dieselben später von Hirn und Rückenmark kennen lernen werden. An der

Speicheldrüse hat man solche, vom Centralnervensysteme unabhängige Reflexe unzweifelhaft beobachtet. Nicht minder sehen wir, daß von ihnen die freilich dem Willen entzogene, automatische Bewegung der beim Menschen zum Theile mit glatten Muskelfasern versehenen Organe, wie der Darm, das Herz u. s. w. abhängen und daß diese Bewegungen in ähnlicher Weise zweckmäßig coordinirt sind, wie die von den Centralorganen geleiteten, willkürlichen Bewegungen. So dürfen wir denn die Ganglien als zerstreute Nervencentren auffassen, denen ähnliche Functionen zukommen, wie dem Hirn und Rückenmarke, wenn gleich in sehr bedeutend veränderter Weise.

Hinsichtlich der sympathischen Nerven selbst sind die Untersuchungen nicht weniger als abgeschlossen. Früher glaubte man freilich eine vollständige Verschiedenheit ihrer Functionen von denjenigen der Hirn- und Rückenmarksnerven annehmen zu können. Man hielt die Organe, zu welchen sich die Nervenfasern des sympathischen Systemes begeben, für vollkommen unempfindlich. Man wußte, daß ihre Bewegung dem Willen entzogen sei; allein man vergaß, daß hinsichtlich der Empfindlichkeit nur der Grad einen Unterschied machte. Ein Stäubchen, welches zwischen den Augenliedern die heftigsten Schmerzen und Thränenfluß verursacht, erregt auf der Haut keine Empfindung. Ein leiser Eingriff auf den Darmkanal wird ebenfalls nicht empfunden, weil eben hinsichtlich des Grades der Empfindlichkeit ein ähnlicher Unterschied zwischen dem Darme und der Haut stattfindet, wie zwischen dieser und den Augenliedern. Stärkere Eingriffe und länger andauernde Reize erregen allerdings deutliche Schmerzempfindungen in den von dem sympathischen Nervensystem versorgten Theilen, und in krankhaften Zuständen, wie z. B. in Entzündungen, können sich diese Empfindungen bis zur furchtbarsten Höhe steigern. Wenn also ein Unterschied stattfindet, so beruht er einestheils in der Beschaffenheit des Organes, an welchem die Nerven sich verzweigen, anderentheils in der Schnelligkeit der Leitung, die allerdings in dem sympathischen Nervensysteme nicht so groß zu sein scheint, und endlich in der

Stumpfheit und Geringfügigkeit der gewöhnlichen Eindrücke. Aehnlich verhält es sich auch mit den Bewegungen der inneren Organe. Sie sind sicher dem directen Willen entzogen, und wenn man die zu ihnen gehenden sympathischen Nerven reizt, so folgt die Bewegung zwar nicht augenblicklich, wie in den willkürlichen Muskeln, aber die Verschiedenheiten sind in dieser Beziehung auch zwischen den einzelnen willkürlichen Muskeln so groß, daß sich keine scharfe Grenze zwischen ihnen und den unwillkürlichen ziehen läßt.

Die eigenthümliche Umspinnung der Blutgefäße durch Fäden des sympathischen Nervensystemes deutet auf einen näheren Zusammenhang desselben mit der Circulation hin. Ganz gewiß verlaufen in seinen Geflechten zahlreiche Gefäßnerven. Doch ist dies nicht eine Besonderheit, denn wie wir sahen, finden sich auch Gefäßfasern in Hirn- und Rückenmarksnerven. Die sympathischen Nerven stehen also in Beziehung zu den Gefäßen, zu dem Kreislauf, durch die von ihnen bedingte Erweiterung und Verengerung der feinen Gefäße zu der Vertheilung des Blutes, zur Absonderung und Aufsaugung. Daß aber diese Beziehung nicht in einer directen Wechselwirkung zwischen Blut und Nerveninhalt bestehen könne, braucht nicht weiter bewiesen zu werden; daß der Chemismus der Ernährung und Absonderung dadurch direct nicht betheiligt werden könne, ist also mehr als gewiß. Die Versuche, welche diesen directen Einfluß beweisen sollten, sind auf ihren Unwerth zurückgeführt worden.

Ein indirecter Einfluß des sympathischen Nervensystemes aber auf die mit der Ernährung in Verbindung stehenden Processe in der oben angegebenen Weise kann gewiß nicht geleugnet werden, zumal da neuere Versuche einen weiteren Blick in dieses Gebiet gestatten. Schneidet man bei einem Thiere den Grenzstrang am Halse auf der einen Seite durch, hebt also seine Einwirkung auf die Blutgefäße auf, so verengert sich die Pupille des Auges, das Herz vermehrt seine Schläge und außerdem fangen augenblicklich die Schlagadern der entsprechenden Kopfhälfte stärker an zu schlagen, das Auge wird glänzender, die Wangenhaut praller,

die durchsichtigen Theile röther und wärmer. Diese Wärmeerhöhung läßt sich nicht nur mit der Hand fühlen, auch das Thermometer zeigt sie an, indem es in dem äußeren Gehörgange oder der Nasenhöhle der operirten Kopfhälfte um drei oder vier Grade des hunderttheiligen Thermometers höher steigt, als in der anderen gesunden Hälfte. Die stürmischen Circulationserscheinungen verschwinden nach einiger Zeit; der Wärmeunterschied aber läßt sich selbst noch Monate lang nach der Operation wahrnehmen, und offenbar deutet er auf einen tieferen Einfluß des durchschnittenen Nerven auf die Ernährung hin, durch dessen Lähmung die Gefäße erweitert und mit Blut erfüllt wurden. Reizt man dagegen den Grenzstrang am Halse, so erweitert sich die Pupille, der Herzschlag verlangsamt sich, die Speichelabsonderung wird vermehrt und zähe, die Arterien ziehen sich zusammen und die entsprechende Kopfhälfte erscheint blaß, wie blutlos. Einer der feinsten Beobachter der Neuzeit, dessen Selbstbeobachtung ich aus eigener Erfahrung bis in die kleinsten Einzelheiten bestätigen kann, hat diese Erscheinungen mit vollem Glück zur Erklärung des halbseitigen Kopfwehs, der Migräne, benutzt. Während des Anfalls, wo die leidende Seite bleich und verfallen, das Auge klein, die Pupille erweitert ist, besteht Reizung des Halstheiles des sympathischen Nerven, krampfhafte Zusammenziehung der Gefäße; nach dem Anfalle röthet sich die Haut, die Augen brennen, Stirn und Wange werden heiß — die Reizung der Nerven hat nachgelassen, die Gefäße haben sich erweitert, ihr Starrkrampf ist geschwunden.

Ueber die Einflüsse des sympathischen Nerven auf die verschiedenen unwillkürlich beweglichen Organe besitzt man vielerlei werthvolle Thatsachen. Die Geflechte und Knoten, welche den unteren Theilen der Wirbelsäule, dem Lenden- und Heiligbein entsprechen, stehen den Bewegungen des unteren Theiles des Darmes, der Harnwerkzeuge und Geschlechtstheile vor. Das Sonnengeflecht vermittelt die Zusammenziehungen des Dünndarmes; der Brusttheil des Grenzstranges und seiner Eingeweideäste diejenigen des Magens und Zwölffingerdarmes; der Halstheil,

dessen Beziehung zu den Gefäßen des Kopfes wir eben kennen lernten, übt außerdem seinen Einfluß auf das Herz und die Pupille des Auges. Alle diese Ergebnisse der Untersuchung sind aber mehr oder weniger von Nebenumständen abhängig, die besonders aus der mannigfachen Verkettung der Ganglien und der Geflechte, sowie aus der Eigenthümlichkeit der Bewegungen selbst hervorgehen, indem diese nicht augenblicklich, sondern erst geraume Zeit nach der Reizung sich einstellen und oft von einem Organe zum anderen sich ohne genauer nachweisbare Ursache fortpflanzen. Die meisten Schwierigkeiten haben in dieser Beziehung die Pupille und das Herz gemacht, indem hier der Nerveneinfluß stets ein combinirter ist, der von verschiedenen Nerven abhängt.

Man kann sich durch die einfachste Beobachtung überzeugen, daß das Schwarze im Auge, das Sehloch oder die Pupille, je nach der Menge von Licht, welche in das Auge einströmt, seinen Durchmesser durch Zusammenziehung der Regenbogenhaut ändert. Bei größerer Lichtmenge zieht sich diese stärker zusammen, in der Dunkelheit dehnt sie sich weiter aus. Wir werden die Ursachen, aus denen diese Bewegungen in Folge des Lichtreizes entspringen, später untersuchen. Hier kommt es darauf an, zu entscheiden, durch welche Nervenbahnen der Einfluß auf die Pupille stattfindet. Da hat es sich denn gezeigt, daß hier eine ähnliche Zersplitterung stattfindet, wie bei der Zunge, und daß die Erweiterung nicht eine passive, durch Nachlaß der Zusammenziehung bedingte sei, sondern eine active, durch eine andere Nervenbahn vermittelte. Die Schmerzempfindung der Regenbogenhaut bei Berührung wird durch das fünfte Nervenpaar geleitet; die Verengerung wird durch den gemeinschaftlichen Augenmuskelnerv, die Erweiterung dagegen durch den sympathischen Nerven bewirkt. Diese Zersplitterung ist um so auffallender, als alle diese verschiedenen Nervenbahnen in einem einzigen Knoten, dem sogenannten Ciliarganglion, zusammenlaufen, von welchem aus die Nervenäste in die Regenbogenhaut dringen. Der Ciliarknoten hat stets drei Wurzeln — vom dreigetheilten, vom Augenmuskel- und vom sympathischen Nerven je eine, und jede dieser Wurzeln hat eine

durchaus verschiedene Function. Reizt man den Ast des dreigetheilten Nerven, so entsteht Schmerz und vielleicht auch sogenannte reflectirte Bewegung. Reizt man den Augenmuskelnerv, so zieht sich die Pupille zusammen; — schneidet man ihn durch, so erweitert sie sich im Lichte, nicht aber in völliger Dunkelheit oder bei vorher mittelst Durchschneidung des Sehnervs hervorgebrachter Blindheit. Auch läßt sich durch Einträufelungen von Belladonna, deren man sich bekanntlich bei Augenoperationen bedient, um die Pupille möglichst zu erweitern, dieselbe noch um einen Grad mehr öffnen, wenn man auch den Augenmuskelnerv vorher durchschnitten hat. Reizt man dagegen den sympathischen Nerven am Halse, so erweitert sich die Pupille augenblicklich, während sie nach Zerstörung des obersten Halsknotens in einem Zustande bleibender Verengerung sich befindet. Merkwürdigerweise haben die beiden Bewegungsnerven der Pupille auch sehr verschiedene Ursprungsstellen in dem Centralorgane, indem die Bewegungsquelle für den Augenmuskelnerv im Mittelhirne, und zwar in dem hinteren Theile der Vierhügel, diejenige für die sympathischen Wurzeln dagegen an einer beschränkten Stelle des Rückenmarkes, bei Kaninchen zwischen dem siebenten Halswirbel und dem dritten Brustwirbel liegt. Reizungen und Durchschneidungen dieser Centralquellen wirken ganz so, wie wenn man die ihnen entspringenden Nerven gereizt oder durchschnitten hätte.

Schwieriger noch ist die Untersuchung der Nerveneinflüsse auf die Herzbewegung. Wir haben im ersten Briefe gesehen, wie regelmäßig in fortdauerndem Rhythmus an dem Herzen Erweiterung und Verengerung mit einander abwechseln. Durch Versuche an Thieren kann man sich leicht überzeugen, daß diese rhythmischen Bewegungen nicht von dem Zusammenhange des Herzens mit den Nerven abhängen, sondern auch dann noch fortdauern, wenn dieser Zusammenhang gänzlich aufgehoben ist. Das Herz eines Thieres klopft fort, selbst wenn man es aus dem Körper herausgeschnitten hat. Unter günstigen Umständen können an dem Herzen warmblütiger Thiere noch Stunden lang, an demjenigen kaltblütiger Thiere selbst Tage lang nach der

Herausnahme Herzschläge beobachtet werden, die stets in derselben Weise, von der Vorkammer nach der Kammer zu, erfolgen. Das rhythmische Spiel dieser Zusammenziehung muß demnach eine selbstständige Quelle in dem Herzen selbst haben, eine Quelle unabhängig von den mit dem Herzen in Verbindung stehenden Nerven, unabhängig von den Centralorganen, dem Hirne und dem Rückenmarke, mit welchem diese letztere in Verbindung stehen. In der That liegt diese Quelle in Ganglien, welche oft in mikroskopischer Kleinheit an verschiedenen Stellen im Herzen sich finden. Schneidet oder bindet man diese Stellen am Froschherzen z. B. ab, so bleiben die keine Ganglien besitzenden Theile in der Diastole stehen. Die dem Willen nicht unterworfenen Ganglien bestimmen also den Herzschlag. Aber wir wissen aus eigener Erfahrung, daß unser Herzschlag auch abhängig ist von den mannigfaltigsten Eindrücken, die unser centrales Nervensystem empfängt, daß es langsamer oder schneller schlägt, je nach verschiedenen Seelenstimmungen und Hirnerregungen, die ihm durch die Nerven zugeleitet werden. Die Anatomie lehrt uns, daß zwei verschiedene Nervenstämme dem Herzen Aeste zuleiten, der herumschweifende Nerv (N. vagus) und der sympathische. In ersterem verlaufen außerdem noch die von den Wurzeln des Beinerven (N. accessorius) gelieferten Fasern, welche jedenfalls bis zum Herzen gehen und sogar jene specifisch hemmende Wirkung auf dessen Bewegung zu haben scheinen, welche sogleich erwähnt werden soll. Diese Fasern mischen sich aber so mit den Fasern des Vagus, daß sie von denselben nicht getrennt werden können. Die herumschweifenden Nerven bilden mit den sympathischen Nerven Geflechte, aus denen die Herznerven hervorgehen, die wieder in der Herzsubstanz selbst eine Menge von Geflechten und Knoten bilden und namentlich in der Scheidewand des Herzens einige bedeutende Ansammlungen von Ganglien erzeugen. So entsteht denn natürlich die Frage nach den verschiedenen Wirkungen, welche diese beiden Nervenbahnen auf das Herz haben können. Der Versuch giebt hier eine, bis jetzt noch nicht hinlänglich erklärte Antwort. Bringt man die Drähte eines Magnetelectromotors, durch welchen rasche electrische

Schläge ohne Aufhören ertheilt werden, an die Stämme der herumschweifenden Nerven, so steht der Herzschlag fast augenblicklich still; das Herz selbst bleibt in der Erweiterung, in der Diastole; unterbricht man den Versuch, so fängt das Herz augenblicklich wieder an zu schlagen. Aber auch wenn man den Einfluß der Electricität über eine gewisse Zeit hinaus dauern läßt, beginnt der Herzschlag ebenfalls wieder. Da man auch an anderen Organen, wie z. B. bei dem Darme, ähnliche Effecte stärkerer electrischer Reize gesehen hatte, so glaubte man annehmen zu müssen, daß es in dem Körper überhaupt eine Klasse von Nerven gäbe, die man mit dem Namen der Hemmungsnerven bezeichnete und deren Function darin bestände, die zusammenziehende Thätigkeit gewisser dem Willen nicht unterworfener Muskelfasern zu hemmen. Bei der Pupille konnte man um deswillen diese Theorie nicht anwenden, weil dort zweierlei Muskelfasern bekannt sind : concentrische, deren Zusammenziehung die Pupille verengt, strahlig angeordnete, deren Zusammenziehung sie erweitert. Bei dem Herzen aber schien sich die Sache ganz dem Wunsche der Theorie gemäß zu gestalten, denn die Reizung des Halsstammes des sympathischen Nerven vermehrt nicht nur die Zahl der Herzschläge, sondern regt auch das zur Ruhe gekommene Herz zu neuen Schlägen auf. Man dachte und denkt sich auch jetzt noch an vielen Orten die Sache so : das Herz arbeitet unter dem Einflusse seiner eigenen, autonomen Ganglien ununterbrochen in rhythmischer Thätigkeit fort; es ist die zur Erhaltung des ganzen Lebens nothwendige Pumpe, welche überall hin den Ernährungssaft sendet, deren Stillstand deshalb gleichbedeutend mit Tod ist. Diese Pumpe aber wird noch außerdem von verschiedenen Nerven regulirt, die wieder in verschiedenen Centraltheilen ihren Ursprung nehmen. Der von dem verlängerten Marke entspringende herumschweifende Nerve hemmt die Bewegung, der von dem Halsmarke entspringende sympathische Nerve regt und fördert sie. Reizungen der betreffenden Centraltheile haben dieselbe Wirkung. Es giebt im verlängerten Marke zwei Centralstellen für den Herzschlag : eine excitirende und eine deprimirende.

Gegen diese Theorie haben nun genaue Forscher Einsprache erhoben, andere sie wieder vertheidigt. Die Angreifer stützen sich auf folgende Gründe. Man hat durch genaue Versuche nachgewiesen, daß es eigentlich die den herumschweifenden Nerven beigemischten Fäden des Beinerven sind, welche auf das Herz wirken, so daß also der Beinerve der eigentliche Hemmungsnerve des Herzens sein müßte, dessen Zerstörung also den Herzschlag beschleunigen müßte. Reißt man aber bei Säugethieren, wo dies sehr wohl gelingt, den Beinerven aus, so wird der Herzschlag nicht beschleunigt. Dagegen behaupten andere Beobachter allerdings diese Herzbeschleunigung nach Ausreißung des Beinerven. Andererseits wird aber der Herzschlag beschleunigt, wenn man mit sehr schwachen electrischen Strömen den herumschweifenden Nerven reizt, wärend stärkere Ströme, die sonst nur reizen, augenblicklichen Stillstand hervorrufen. Aber auch diese anfängliche Beschleunigung bei höchst schwachen Reizungen des Vagus leugnen die Vertheidiger der Hemmungsnerven. Ihre Angreifer behaupten von dem Centralorgane das nämliche. Läßt man einen Magnetelectromotor auf das verlängerte Mark wirken, so steht das Herz augenblicklich still; reizt man dagegen das verlängerte Mark mechanisch (die mechanischen Reize wirken stets viel schwächer, als die electrischen), so schlägt das Herz schneller. Hat man das Herz durch electrische Reize zum Stillstande gebracht und hebt dann die Reizung auf, so stellt sich der Herzschlag nicht allmählich, sondern plötzlich mit stärkeren Schlägen wieder her.

So läßt sich bis jetzt immer noch nicht mit vollständiger Sicherheit entscheiden, auf wessen Seite die Wahrheit liegt. Die bei so außerordentlich schwachen Reizen auftretende Erschöpfung der Nerven, welche von den Einen angenommen wird, erscheint eben so auffallend, als die Hemmungsfunction, welche die Anderen unterstellen. Jedenfalls weicht die Normirung der Herzbewegungen gänzlich von denjenigen anderer Muskeln, mögen es nun willkürliche oder unwillkürliche sein, durchaus ab. Man kann durch schnell auf einander folgende Reize, die bei anderen Muskeln Starrkrampf erzeugen, das Herz nicht zum Tetanus

bringen; sogenannte Muskelgifte, wie Curare, lähmen andere Muskeln, das Herz aber schlägt fort; Digitalin, in das Blut gespritzt, lähmt dagegen die Herzbewegung schon, wenn alle anderen Nerven noch leistungsfähig sind. Hinsichtlich der einzelnen Theile des Herzens sogar ergeben sich verschiedene Wirkungen. Digitalin, Antiarin (vom Giftbaume, Upas Antiar), so wie das Hautgift der Kröte lähmen das Herz in der Weise, daß die Kammern in der Systole, die Vorkammern dagegen in der Erweiterung stehen bleiben; das Schwammgift (Muscarin) und das Gift der Calabarbohne lähmen das Herz in der Art, daß Kammern und Vorkammern erschlaffen und in der Diastole stille stehen; das Atropin endlich lähmt nur den herumschweifenden Nerven, aber nicht die Herzbewegung und steht dem Schwammgift sogar in der Weise entgegen, daß das durch Muscarin gelähmte Herz eines Frosches wieder zu schlagen beginnt, sobald unter die Haut des Thieres gebrachtes Atropin aufgesaugt ist. Alle diese Thatsachen zeigen, daß hier noch ein weites Feld für fernere Forschungen offen steht und die Einwirkung der verschiedenen Nerven auf das Herz sich durchaus nicht in so einfacher Weise erklären läßt, als man früher wohl zu glauben geneigt war.

Zwölfter Brief.

Die Centraltheile des Nervensystemes.

Die Functionen des Gehirnes und Rückenmarkes können unter zwei besondere Categorien vertheilt werden. Eines Theils sind diese Organe der Sammelplatz sämmtlicher Primitivröhren, welche durch die einzelnen Nervenstämme in den Körper ausstrahlen; andern Theils aber zeigt schon die anatomische Betrachtung, daß noch andere Elemente zu diesen Primitivröhren der Nerven kommen, welchen verschiedene Functionen zustehen müssen. Es giebt so Eigenschaften und Functionen, welche dem Centralnervensystem als Sammelplatz der Gefäß- und Sinnesnerven, der bewegenden und fühlenden Nervenfasern angehören; es giebt eine andere Klasse von Functionen, welche in nicht so unmittelbarer Beziehung zu den Nerven stehen.

Eine jede Verletzung des Rückenmarkes, welche durchgreift, so daß die Continuität desselben gänzlich aufgehoben ist, hat auch eine vollkommene Vernichtung der willkürlichen Bewegungen und der Empfindungen in denjenigen Theilen zur Folge, welche von Nerven versorgt werden, die unterhalb der Verletzungsstelle abgehen. Ein Bruch der Wirbelsäule in der Mitte des Rückens z. B., bei welchem das Rückenmark gänzlich zerquetscht ist, läßt sich leicht an der vollständigen Empfindungs- und Bewegungslosigkeit der Beine erkennen, von deren Existenz selbst der Verwundete kein Bewußtsein mehr hat, während die Arme, der obere Theil der Brust, deren Nerven oberhalb der Bruchstelle

abgehen, durchaus eben so empfindlich und beweglich geblieben sind, als sie vorher waren. In dieser Beziehung ist das Rückenmark demnach nur ein großer Nervenstamm, der alle sensibeln und bewegenden Primitivröhren in sich vereinigt, und die Erfahrung zeigt sogar, daß in seinem Inneren die einzelnen Röhren hinsichtlich ihrer bewegenden oder fühlenden Function noch eben so isolirt sind, als in den Nerven selbst. Schneidet man nämlich das Rückenmark durch, so zeigt sich, wie schon früher bemerkt, eine eigenthümliche anatomische Structur desselben (s. oben Fig. 37, S. 238). Die weiße Substanz bildet die äußeren Rindenschichten, während die graue Substanz in der Mitte aufgehäuft ist und nach oben wie unten zwei Schenkel aussendet, so daß ein solcher Durchschnitt die graue Substanz etwa wie ein liegendes Kreuz erscheinen läßt. Ein senkrechter Spalt bringt von dem Rücken her in die Mittellinie ein zwischen die beiden oberen Schenkel des liegenden Kreuzes, und theilt auf diese Weise die an der Rückenseite aufgehäufte weiße Masse in zwei Hälften; ein ähnlicher Spalt findet sich auf der Bauchfläche des Rückenmarkes zwischen den beiden unteren Schenkeln der grauen Substanz. So ist der Zusammenhang zwischen der weißen Substanz beider Seiten, links und rechts, bis auf eine Brücke im Grunde der vorderen Furche fast gänzlich aufgehoben, und es ist beinahe nur die graue, im Centrum angehäufte Substanz, welche den Zusammenhang der beiden seitlichen Hälften des Rückenmarkes vermittelt.

Wir haben schon oben bemerkt, daß wir in Folge dieser Anordnung dreierlei verschiedene weiße Stränge an dem Rückenmarke unterscheiden können: die Vorderstränge, die Seitenstränge und die Hinterstränge, sowie an der grauen Substanz: die vorderen und hinteren Hörner. Wir werden in der Folge auch stets die Bauchseite des Rückenmarkes die vordere, die Rückenseite die hintere nennen und die nach dem Kopfe zu gelegenen Theile als obere, die übrigen als untere Theile bezeichnen. Wir stellen uns also den Menschen bei diesen Bezeichnungen als in aufrechter Stellung befindlich vor.

Aus dem Halsmarke treten die Nervenwurzeln fast in rechtem Winkel hervor; je weiter man indessen hinabsteigt, desto schiefer wird ihre Richtung, so daß die letzten Nerven, der sogenannte Pferdeschwanz, mit der Axe des Rückenmarkes einen sehr spitzen Winkel bilden. Die Wurzelfasern der Nerven durchsetzen also die Substanz des Rückenmarkes auf größerer oder geringerer Strecke in schiefer Richtung, um den Ort ihres Ursprungs in dem entsprechenden grauen Horne zu erreichen. Man kann fast mit Gewißheit annehmen, daß nicht alle Fasern bis zu den Zellen der grauen Substanz vordringen, sondern daß ein Theil derselben in den entsprechenden weißen Strängen mit den eigenthümlichen Längsfasern derselben gegen das Hirn hin aufsteigt, ohne jedoch dasselbe zu erreichen. Aus dieser eigenthümlichen Einrichtung erklärt es sich, daß jede Verwundung oder jeder Reiz, welcher das Rückenmark trifft, nothwendig auch eine bestimmte Anzahl von Nervenwurzeln treffen muß, welche direct von dem Orte der Verwundung aus in einen benachbarten Nerven sich einsenken. Es wird sich also bei allen Beurtheilungen der physiologischen Functionen darum handeln, diejenigen Effecte, welche den Nervenwurzeln angehören, genau von den Erscheinungen aus einander zu halten, die dem Rückenmarke im Ganzen und als selbstständigem Organe zukommen.

Diejenige Methode, welche bis jetzt die genauesten Resultate gegeben hat, besteht darin, daß man so schonend als möglich mit einem eigenen Instrumente bei einem durch Chloroformrausch unempfindlich gemachten Thiere den Rückenkanal öffnet, das Rückenmark bloslegt und dann mit äußerst scharfen Messerchen oder Nädelchen einzelne Theile desselben trennt, um nachher diejenigen Functionsstörungen zu analysiren, welche sich bei dem Thiere zeigen, sobald sich sein allgemeiner Gesundheitszustand gänzlich erholt hat. Man möchte fast sagen, daß es einer ganz eigenthümlichen individuellen Complexion bedürfe, um diese Versuche einestheils mit der nöthigen Genauigkeit und Schärfe anzustellen, andererseits aber nachher auch so zu beurtheilen, daß das Normale von dem Zufälligen wirklich getrennt und die Function

richtig erkannt werde. Fast möchten wir behaupten, daß man den Forscher persönlich kennen und bei seinen Versuchen gesehen haben muß, um beurtheilen zu können, welchen Grad von Zutrauen er genießen kann. Wir werden, abgesehen von den Schwierigkeiten, welche die Versuche bieten, hier diejenigen Resultate auseinandersetzen, welche uns Zutrauen zu verdienen scheinen, und zwar in der Weise, daß wir zuerst die Eigenschaften der weißen Substanz, dann jene der grauen besprechen und sodann auf diejenigen Functionen eingehen, welche dem Rückenmarke im Ganzen anzugehören scheinen.

In der weißen Substanz unterscheiden sich die Vorderstränge ihrer Function nach streng von den Hintersträngen. Letztere sind einzig und allein empfindlich; das Thier äußert bei ihrer Reizung oder Durchschneidung den heftigsten Schmerz und diese Schmerzensäußerung erhält sich in der ganzen Dicke der Hinterstränge in allen Theilen. Nichts desto weniger scheint es, als hänge diese Empfindlichkeit nur von den die weiße Substanz durchsetzenden Wurzelfasern der Nerven ab, die von dem Reize getroffen werden; eine Folgerung, die man aus dem Umstande entnehmen darf, daß es zuweilen gelingt, am Halsmarke, wo die Nervenwurzeln rechtwinkelig austreten, die Hinterstränge ohne Schmerzäußerung zu durchschneiden. Die eigenthümlichen Fasern der weißen Substanz der Hinterstränge sind demnach selbst nicht empfindlich, wohl aber im höchsten Grade Empfindung leitend. Durchschneidet man von vornher alle Theile des Rückenmarkes mit Ausnahme der Hinterstränge, so empfinden diejenigen Körpertheile, welche unterhalb der Schnittstelle gelegen sind, ganz mit derselben Intensität, als wenn nichts vorgefallen wäre. Die Leitung der Empfindung gehört aber den Hintersträngen nicht allein an, sondern wird auch von der grauen Substanz ausgeübt. Die Durchschneidung der Hinterstränge hebt also die Leitung der Empfindung nicht auf; im Gegentheile werden sogar die unterhalb gelegenen Theile, wenn die Hinterstränge allein durchschnitten sind, wahrscheinlich in Folge der stattfindenden Entzündung, reizbarer, als vorher (hyperästhetisch

in der Kunstsprache), so daß die Thiere bei Eingriffen, welche sonst kaum beachtet werden, nun lebhafte Schmerzensäußerungen thun. Werden die Hinterstränge in ihrer ganzen Länge zerstört und nicht nur einfach durchschnitten, so sind begreiflicher Weise alle Theile empfindungslos, deren sensible Wurzeln in dem zerstörten Theile entspringen. Durchschneidet man nur einen Theil der Hinterstränge, so werden nur diejenigen oft ganz beschränkten Theile empfindungslos, in welche die von der Verwundung betroffenen Nervenfasern sich verbreiten.

Wir sehen also, daß in physiologischer Hinsicht die Hinterstränge aus zwei Gruppen von Fasern bestehen : aus Wurzelfasern, welche alle Eigenschaften der peripherischen Nerven besitzen, und aus eigenthümlichen Fasern, welche die Empfindung leiten, aber nicht selbst empfindend sind.

Der Versuch hat über die Natur dieser letzteren selbstständigen Fasern noch ausgiebigeren Aufschluß gegeben.

Man kennt einzelne Krankenfälle beim Menschen, wo die Kranken an einzelnen Gliedern zwar leise Berührungen, aber keinen Schmerz empfanden. Das Tastgefühl bestand, das Schmerzgefühl war verschwunden. Ganz so verhält es sich bei Thieren, welchen man das Rückenmark von vornher so weit zerstört hat, daß nur die Hinterstränge den Zusammenhang vermitteln. Beim Anblasen, beim Berühren schrecken die Thiere auf und geben Zeichen der Empfindung; geht man aber weiter mit dem Eingriffe, so hören alle Empfindungsäußerungen auf. Ein Beobachter rasirte bei einem Kaninchen, dem er das Mark in der Rückengegend auf diese Weise operirt hatte, eine Stelle der Hinterbacke, und brachte das Thier, das bei dem leisesten Anblasen Empfindungszeichen gab, in die Sonne. Nun wurden die Strahlen eines Brennspiegels auf die rasirte Hautstelle concentrirt. Das Thier schreckte bei der ersten Berührung der Haut auf und gab Zeichen von Empfindung. Man ließ den Brennspiegel weiter wirken; die Haut verkohlte, das Fleisch wurde geröstet und verbrannt, die Brandwunde drang durch bis auf den Knochen — nicht das leiseste Zeichen von Schmerz! Lenkte man aber den

Brennspiegel nur um ein Geringes ab, so daß einige Strahlen eine neue Hautstelle trafen, so gab das Thier auf der Stelle Zeichen von Schmerz; — ein Beweis, daß nur die Tastempfindung, also die localisirte Sinnesempfindung der Haut, bestand, die allgemeine Schmerzempfindung aber durch die Durchschneidung des übrigen Rückenmarkes aufgehoben war. Man hat den eben characterisirten Zustand, wo die Tastempfindung erhalten bleibt, die Schmerzempfindung dagegen verloren ist, Analgesie genannt. Andere Beobachter widersprechen diesen Resultaten und glauben nicht, daß für Leitung der Tastempfindung, wie für Leitung des Schmerzgefühls oder Gemeingefühls besondere Fasern bestehen. Darin aber stimmen alle überein, daß die Coordination der Bewegungen zur Erreichung eines bestimmten Zweckes durch die Zerstörung der Hinterstränge in hohem Grade beeinträchtigt werde. Die Thiere können die Füße bewegen, aber nicht mehr stehen und gehen. Vielleicht hängt diese Wirkung von der Beeinträchtigung des Gemeingefühles ab. Wir gehen schwankend und unsicher, wenn z. B. durch Erkaltung unsere Füße gefühllos geworden sind.

Die Vorderstränge stehen zur Bewegung in ähnlichem Verhältnisse, wie die Hinterstränge zur Empfindung. Durchschneidet man sie, so werden die von der Durchschneidung betroffenen Wurzelfasern und die von ihnen versorgten Theile gelähmt; dagegen bewirkt ihre Reizung wahrscheinlich nur dann Bewegung, wenn Wurzelfasern getroffen werden. Ihre eigenthümlichen Fasern leiten nur Bewegung, erzeugen sie aber nicht selbstständig. Zerstört man die Hinterstränge und die graue Substanz, so daß nur die Vorderstränge übrig bleiben, so bewegt das Thier die betreffenden Theile noch willkürlich. Vielleicht existirt sogar eine ähnliche Spaltung der bewegenden Functionen, wie bei den Hintersträngen; indessen ist es nicht möglich gewesen, dieselbe genauer zu ergründen, wie es denn überhaupt weit schwieriger hält, die Störungen der Bewegungsfunctionen, als diejenigen der Empfindung genauer zu analysiren. Die quere Durchschneidung der Vorderstränge bewirkt durch den nachfolgenden Reizzustand

krankhafte Bewegungen in den unter der Verwundung gelegenen Theilen: es treten dort Krämpfe und Convulsionen auf, welche den übermäßigen Schmerzempfindungen entsprechen, die nach der Durchschneidung der Hinterstränge eintreten. Die quere Durchschneidung eines einzigen Vorderstranges schwächt die Bewegung der auf der Operationsseite gelegenen unteren Theile; geschieht die Durchschneidung am Halse, so werden sogar die Bewegungen gänzlich gelähmt.

Resumirt man also die Resultate, welche der physiologische Versuch bis jetzt gegeben hat, so ergiebt sich daraus, daß die weiße Substanz des Rückenmarkes aus zweierlei Fasern besteht: aus Wurzelfasern, welche dieselbe Function und dieselbe isolirte Leitung besitzen, wie die Nervenwurzeln selbst, und aus eigenthümlichen Fasern, welche die entsprechenden Functionen zwar fortleiten, aber nicht selbstständig empfangen oder erzeugen.

Während in den weißen Strängen, der Function der aus ihnen austretenden Nervenwurzeln entsprechend, die Beziehungen zur Empfindung und Bewegung streng abgegrenzt sind, kann dagegen die graue Substanz nur als ein Ganzes aufgefaßt werden, die in allen ihren Theilen durchaus dieselbe Function gleichmäßig besitzt. Wenn also auch die vorderen Wurzeln von den großen Zellen der Vorderhörner, diejenigen der hinteren von den kleineren Zellen der Hinterhörner entspringen, so stehen deshalb dennoch die Vorderhörner nicht ausschließlich in Beziehung zur Bewegung, die Hinterhörner nicht zur Empfindung. Wir müssen also annehmen, daß die Primitivfasern zwar innerhalb der weißen Substanz ihre isolirte Natur und Leitung bewahren, daß aber mit dem Eintritte in die graue Substanz dies Verhältniß sich ändert und andere functionelle Beziehungen eintreten. Aus der anatomischen Structur der Ganglienzellen der grauen Substanz wissen wir, daß die Zellen nach allen Seiten hin Ausläufer aussenden, die miteinander ein Netzwerk bilden, und mit diesem Ergebniß stimmt auch dasjenige des physiologischen Versuches überein, welches uns belehrt, daß innerhalb der grauen Substanz die Leitung nach allen Seiten, nach oben und unten,

vorn und hinten, rechts und links, mit derselben Leichtigkeit stattfindet. Deshalb besteht die Leitung auch noch (obgleich geschwächt!), wenn nur einzelne Brücken der grauen Substanz den Zusammenhang vermitteln; ja sie bleibt noch bestehen, wenn Schnitte in verschiedener Wirbelhöhe so geführt werden, daß sie, zusammengelegt, das Rückenmark gänzlich trennen würden. Setzen wir z. B. den Fall, daß wir an einem Halswirbel das Rückenmark von hinten her so durchschnitten hätten, daß der Schnitt über den Centralkanal hinaus reichte und nur die Vorderhörner der grauen Substanz nebst den Vordersträngen erhalten seien; — daß wir dann an demselben Thiere in der Rückengegend den Schnitt von vornher ebenfalls über die Mitte hinaus geführt hätten, so daß nur ein Theil der Hinterstränge und Hinterhörner an dieser Stelle erhalten wäre, so würde nichts desto weniger sowohl Empfindung wie Bewegung über die beiden Schnittstellen hinausgeleitet werden. Es genügt also die geringste Brücke grauer Substanz, in welchem Theile und welchem Niveau sie sich befinden möge, um sowohl Bewegung wie Empfindung nach allen Seiten hin fortzuleiten. Die Leitung wird aber um so mehr geschwächt sein, je unvollständiger und geringer diese Brücke ist. Aber auch hier zeigt sich ein bedeutender Unterschied zwischen der grauen und der weißen Substanz. Verwundungen dieser letzteren lähmen Empfindung und Bewegung in bestimmten, abgegrenzten Theilen, zu welchen sich die betroffenen Nervenfasern begeben; Verwundungen der grauen Substanz dagegen schwächen und verlangsamen die Leitung von und zu allen Theilen, welche unterhalb der Verwundung liegen, gleichmäßig, so daß also keine genauere Beziehung eines bestimmten Theiles der grauen Substanz zu einer bestimmten Nervenfasergruppe nachgewiesen werden kann. Eine einzige Ausnahme, die indessen noch nicht vollständig nachgewiesen ist, dürfte darin liegen, daß vielleicht die äußerste, der weißen Substanz unmittelbar anliegende Schicht der grauen Hörner Empfindungen der entgegengesetzten Körperhälfte leitet.

Trotz dieser allseitigen Leitung der Empfindungen und Bewegungen und ihrem gegenseitigen Austausche ist die graue

Substanz direct weder empfindend, noch bewegend. Man kann sie verwunden, galvanisch reizen, ohne daß die Thiere die geringsten Schmerzensäußerungen geben, ohne daß irgend eine Muskelzuckung erzeugt wird. Die graue Substanz leitet also allseitig Empfindung wie Bewegung; sie nimmt aber keinerlei Anregung zu diesen Functionsäußerungen von außen her an.

Es begreift sich leicht, daß alle diejenigen Functionen, welche auf die angeführte Weise von den einzelnen Substanzen ausgeführt werden, sich summiren, sobald das Rückenmark im Ganzen thätig ist, und daß eben so Verwundungen, welche das Rückenmark im Ganzen treffen, auch diese sämmtlichen Functionen vernichten und aufheben.

Je weiter nach oben man das Rückenmark zerstört und seinen Zusammenhang mit dem Gehirne aufhebt, desto mehr Theile des Körpers werden gelähmt und desto störender für die nothwendigen Functionen des Körpers werden diese Lähmungen, da die Muskeln des Stammes, des Bauches sowohl als noch mehr die der Brust, einen wesentlichen Antheil an den Respirationsbewegungen haben. Wird das Rückenmark endlich in der Nähe des verlängerten Markes, an der oberen Grenze der Halsnerven durchschnitten, so sind alle Brustmuskeln und der größte Theil der Halsmuskeln gelähmt. Trotz dieser Lähmung aber dauert das Spiel der Athemzüge noch fort in den oberen Theilen des Halses und im Gesichte. Die Nasenlöcher werden abwechselnd weit geöffnet und geschlossen; die Kiefer klappen zusammen in regelmäßigen Intervallen, das Thier schnappt förmlich nach Luft, etwa wie wenn ihm der untere Theil der Luftröhre zugeschnürt wäre. Man hat Beispiele an Gehängten beobachtet, und ich selbst bin Zeuge gewesen, daß ein Selbstmörder, statt die Luftröhre sich zuzuschnüren, die Schlinge nur an dem Kinne angelegt hatte, so daß er beim Herabspringen vom Stuhle, auf den er sich gestellt, daß Kinn sich gewaltsam in die Höhe zog und den Nacken einknickte. Die Wirbelsäule war auf diese Weise zwischen dem ersten und zweiten Halswirbel verrenkt und das Rückenmark dort zerquetscht worden. Der Kopf des Unglücklichen lebte und athmete

noch mehrere Stunden fort, und die Anstrengungen, die er machte, zeigten, daß das Athembedürfniß noch vorhanden war, aber durch ein unübersteigliches Hinderniß nicht vollständig befriedigt werden konnte.

Wir haben bis jetzt die Functionen des Rückenmarkes an der Hand des Versuches insoweit kennen gelernt, als wir ihre Beziehung zur Bewegung oder zur Empfindung gesondert auffaßten. Wir waren hierzu um so mehr berechtigt, als diese gesonderte Beziehung in den weißen Strängen des Rückenmarkes in der That existirt und innerhalb der weißen Substanz keine Mittheilung von bewegenden zu empfindenden Fasern stattfindet. Diese Isolirung erhält sich auch überall, wie es scheint, in der weißen Substanz, nicht nur des Rückenmarkes, sondern auch des Gehirnes, während sie dagegen allseitig in der grauen Substanz aufgehoben ist. Dort findet in der That ein Ueberspringen der Erregung von der Empfindung auf die Bewegung statt. So lange eine Brücke von grauer Substanz den Zusammenhang zwischen bewegenden und empfindenden Primitivfasern vermittelt, findet auch eine solche Mittheilung der Reizung statt, so daß ohne directe Mithilfe des Willens Bewegungen unmittelbar durch Empfindungen veranlaßt werden. Man hat die unwillkürlichen Bewegungen dieser Art, welche unmittelbar durch Empfindungen veranlaßt und von der grauen Substanz der Centraltheile vermittelst werden, Reflexbewegungen genannt. Lassen wir zuerst den Versuch reden.

Im Augenblicke der Enthauptung eines Thieres ziehen sich alle Muskeln des Rumpfes und der Extremitäten auf das Kräftigste zusammen. Die Reizbarkeit ist dann meist auf Augenblicke erschöpft; einige Zeit nach der Enthauptung aber zeigt der Rumpf Reflexbewegungen. Berührt man den Fuß mit der Nadel, so wird er an den Leib angezogen; sticht man stärker, so erfolgen einige abwehrende Bewegungen desselben Fußes; bei noch heftigerer Reizung werden beide Hinterbeine, ja selbst die Vorderbeine bewegt. Auf jede Reizung erfolgt so eine entsprechende Bewegung, und zwar entspricht die Ausdehnung der Bewegung

gewöhnlich der Größe des Reizes, wobei freilich die Empfänglichkeit des Thieres selbst in Betracht zu ziehen ist. Im warmen Sommer wird man die Reflexbewegungen der Frösche weit schwächer finden, als im Winter; bei allmählich sich erschöpfender Erregbarkeit werden die Muskelgruppen, welche auf dieselbe Reizung antworten, stets minder zahlreich, die Zuckungen weniger heftig. Nicht minderen Einfluß haben die peripherischen Reizungsstellen. Reizungen der Haut haben stets bedeutenderen Einfluß, als Reizungen der zur Haut gehenden Nervenstämme — einzelne Hautstellen sind empfindlicher als andere. Bei den Vögeln sind die Reflexbewegungen am stärksten; bei den Amphibien und Fischen erhalten sie sich am längsten; sie verschwinden ziemlich schnell bei Säugethieren, wo sie auch schwächer sind. Die Bewegungen eben getödteter Vögel, Tauben und Hühner, sind allen Köchinnen bekannt; nicht minder die lebhaften Bewegungen, welche der enthauptete Rumpf eines Aales macht, und die zu dem allgemeinen Glauben verleiteten, selbst die Stücke eines Aales lebten noch und sprängen aus der Pfanne, um dem Rösten zu entgehen. Alle diese Bewegungen sind Reflexbewegungen, hervorgebracht durch den Hautreiz des Rupfens, des Schmorens in der Pfanne, wodurch Muskelbewegungen erzeugt werden, die dem angebrachten Reize entsprechen und je nach der Reizbarkeit des Thieres stärker oder schwächer werden.

Sucht man nun auf experimentellem Wege zu ermitteln, auf welche Weise diese Bewegungen zu Stande kommen, bei welchen der Wille und das Bewußtsein des Thieres keine Rolle spielen können, so ergiebt sich zuvörderst, daß dieselben durchaus von dem Dasein des Rückenmarkes abhängen. Geht man bei einem enthaupteten Thiere mit einem Drahte in den Wirbelkanal ein und zerstört das Rückenmark, so zeigt sich keine Spur von Reflexbewegungen mehr, wenn dieselben auch noch so lebhaft unmittelbar vor dieser Zerstörung sich zeigten. Es genügt deshalb, eine Stricknadel durch den Wirbelkanal eines Aales zu stoßen, um die Stücke regungslos liegen zu sehen. Es beweist diese einfache Thatsache, daß das Ueberspringen der Reizung

von fühlenden Fasern auf bewegende einzig nur durch Vermittlung des Centralnervensystems zu Stande gebracht werden kann. Ja es ist diese Eigenschaft wesentlich an die graue Substanz gebunden, und zwar in ihrer ganzen Ausdehnung, während, wie es scheint, die weiße Substanz des Rückenmarkes keinen Einfluß darauf ausübt. Man kann letztere großen Theils, ja gänzlich durchschneiden und nur in der Mitte eine sehr kleine Brücke von grauer Substanz übrig lassen, welche den Zusammenhang zwischen getrennten Theilen des Rückenmarkes vermittelt, und die Reflexbewegungen bleiben, wenn auch um so schwächer werdend, je geringer die graue Verbindungsbrücke ist. Ebenso beweisen andere Versuche, daß diese Vermittelung nicht an einzelne Stellen im Rückenmarke, sondern an die ganze Ausdehnung der grauen Substanz gebunden ist. Schneidet man das Rückenmark in der Mitte des Rückens durch, so daß die untere Hälfte von der oberen getrennt ist, so werden Reizungen der hinteren Extremitäten Bewegungen der Füße, Reizungen der vorderen reflectirte Bewegungen der Vorderbeine, aber auch nur dieser, veranlassen, da die Communication zwischen vorderer und hinterer Hälfte unterbrochen ist. Theilt man das Rückenmark genau der Länge nach in zwei seitliche Hälften, indem man nur am vorderen Ende eine Brücke zwischen diesen beiden Hälften läßt, so erscheinen noch Reflexbewegungen in allen vorderen wie hinteren Extremitäten. Theilt man das Mark quer durch in Segmente, innerhalb welcher Nervenwurzeln eintreten, so entstehen Reflexbewegungen, welche auf diejenigen Theile beschränkt sind, deren motorische Primitivröhren mit demjenigen Segmente in Verbindung stehen, dessen sensible Nerven gereizt wurden.

Die Reflexbewegungen zeigen sich auch an dem Kopfe, selbst wenn man die Gewölbtheile des Gehirns weggenommen und nur den Hirnstamm hat bestehen lassen. Reizungen der einzelnen Theile sind dann von entprechenden Bewegungen gefolgt, und es erstreckt sich diese Fähigkeit, Reflexbewegungen hervorzurufen, nicht nur auf die fühlenden Nerven, sondern auch auf die Sinnesnerven. Bei der Reizung des Auges durch Licht wird die Pupille ver-

kleinert, ja selbst das Auge geschlossen, ohne daß hierbei Einfluß des Willens herrschen könnte.

Eine Menge von Erscheinungen, die sich im lebenden Zustande zeigen, hängen einzig von diesen reflectirten Bewegungen ab. Das unwillkürliche Blinzeln der Augenlieder während der geöffneten Augen ist eine reflectirte Bewegung, bedingt durch das Trockenwerden der Bindehaut; das unmittelbare Schließen, wenn man rasch auf die Augen mit dem Finger zufährt und das man bei dem besten Willen nicht verhindern kann, ist eine Reflexbewegung, bedingt durch den plötzlichen Eindruck auf den Sehnerven. Kitzeln der Nasenschleimhaut erregt Niesen, des Gaumens Schluckbewegungen und Erbrechen; jeder Nadelstich, der unversehens eine Hautstelle trifft, ist unmittelbar von einer Zuckung gefolgt, die nur dann vermieden werden kann, wenn wir darauf vorbereitet sind und unseren Willen über die Reaction gebieten lassen. Ja die Versuche, welche man an enthaupteten Thieren anstellt, werden oft auch durch unglückliche Verhältnisse am Menschen möglich. Nach Brüchen der Wirbelsäule, wobei das Rückenmark zerquetscht und die hinteren Extremitäten gelähmt und dem Willen entzogen werden, zeigen diese letzteren sehr oft reflectirte Bewegungen, wenn sie gestochen oder gekneipt werden, ohne daß der Kranke den Schmerz fühlte.

Es geht aus den dargelegten Erscheinungen hervor, daß Reflexbewegungen nur dann möglich sind, wenn die sensitiven und motorischen Fasern durch ein mit grauer Substanz versehenes Stück Rückenmark oder Hirnstamm mit einander in Verbindung stehen. Die Zweckmäßigkeit der Bewegung beweist weiter, daß die Empfindung der Oertlichkeit ebenfalls in denjenigen Theilen des Centralorganes vorhanden ist, welche die Reflexbewegungen vermitteln, und daß die Bewegungen in Folge dieser Ortsempfindung zweckmäßig combinirt werden. Der geköpfte Frosch, dem man ein Stückchen Kohle auf den Vorderfuß legt, sucht dieses mit dem Hinterfuße wegzukratzen. Der Schwanz des zerschnittenen Aales sucht sich von dem Lichte zu entfernen, womit man ihn auf der einen Seite brennt.

Ja, diese Zweckmäßigkeit geht so weit, daß sie sich von durch Ueberlegung bestimmten und in Folge einer Reihe von Schlüssen ausgeführten Handlungen nicht mehr unterscheiden läßt, weshalb auch mehrere Beobachter dem Rückenmarke und zwar wie uns scheint mit vollem Rechte, die Fähigkeit zuschreiben, Denkprocesse durchzuführen und in Folge derselben Bewegungen zu combiniren, die freilich nicht zum Bewußtsein kommen. Wir führen den Grundversuch mit den Worten des Beobachters zum Theile an. Wenn man einem geköpften Frosche an einer erreichbaren Stelle den Oberschenkel mit Essigsäure betupft, die einen lebhaften Schmerz hervorbringt, so beugt er das Bein herauf und wischt mit dem Rücken der Zehen die Essigsäure ab. Dies ist eine einfache, unfehlbar sich einstellende Reflexbewegung. Schneidet man aber den Fuß im Gelenke zwischen Unterschenkel und Fuß ab, so daß der Frosch die Stelle nicht mehr mit den Zehen erreichen kann, und betupft dann, „so werden seine Bewegungen unruhig, so daß es den Anschein gewinnt, als suche das Thier nach einem neuen Mittel, das schmerzende Moment zu entfernen. Nachdem es verschiedene Bewegungen zwecklos ausgeführt, findet es häufig das geeignete Mittel. Wir sehen nun das gereizte und unten abgeschnittene Bein gestreckt werden, während der andere, nicht gereizte Schenkel mäßig gebeugt und angezogen wird, so daß es vermöge der Beugung und Anziehung des Unterschenkels dem angezogenen Fuße möglich wird, mit der gegen die gereizte Stelle des andern Schenkels gerichteten Sohle nunmehr die ätzende Säure abzuwischen.“ Findet das Thier dieses Mittel nicht von selbst, so genügt es, den Fuß des nicht gereizten Beines gegen den gereizten Schenkel zu drücken, ohne aber die gereizte Stelle zu berühren; läßt man dann los, so nimmt der Frosch den gezeigten Weg und wischt mit dem Fuße die gereizte Stelle ab. Um es kurz zu sagen — der Frosch entfernt die Säure mit dem Fuße desselben gereizten Beines; schneidet man diesen ab, so nimmt er den andern Fuß, der sonst nicht bewegt worden wäre.

Betrachten wir, ehe wir weiter gehen, den Einfluß, welchen die Gewölbtheile des Gehirnes auf die Reflexbewegungen ausüben.

Bewußtsein und Wille, welche unzweifelhaft im Gehirne entspringen, wirken den Reflexbewegungen häufig entgegen und können sie selbst bis auf einige Combinationen solcher Reflexbewegungen, die zum Leben unbedingt nothwendig sind, gänzlich aufheben. Zu diesen letzteren Gruppen gehören die Athem- und Herzbewegungen, über welche wir unter gewöhnlichen Bedingungen nicht mehr Herr sind, die wir aber dennoch, wie neuere Versuche lehren, willkürlich gänzlich unterdrücken und dadurch Ohnmacht und selbst den Tod herbeiführen können. Die Erzählungen über Selbstmord durch willkürliches Hinterhalten des Athmens, in Folge dessen das Herz still steht, die uns aus dem Alterthume überliefert worden sind, galten bis jetzt für eine physiologische Fabel. So erzählt Valerius Maximus: „Es giebt auch merkwürdige Todesfälle, welche auswärts vorgekommen sind. Hierher gehört vorzüglich der des Coma, welcher der Bruder des Räuberhauptmanns Cleon gewesen sein soll. Als dieser nämlich nach Enna, welches die Räuber inne gehabt hatten, von den Unsrigen aber genommen worden war, vor den Consul Rupilius gebracht und über die Macht und die Absichten der Flüchtigen befragt wurde, nahm er sich Zeit, um sich zu sammeln, verhüllte das Haupt und indem er sich auf seine Kniee stützte und den Athem unterdrückte, verschied er sorgenfrei unter den Händen der Wächter und vor den Augen des Machthabers. Mögen sich die Elenden, denen nützlicher ist zu sterben, als fortzuleben, mit ängstlichen Vorsätzen quälen, wie sie aus dem Leben gehen sollen, mögen sie das Schwerdt schärfen, Gift mischen, zum Strange greifen, von ungeheueren Höhen herunterschauen, als ob es großer Vorrichtungen und tiefen Nachdenkens bedürfe, um das schwache Band zwischen Leib und Seele zu trennen. Coma brauchte von alledem nichts, sondern fand dadurch, daß er den Athem in der Brust verschloß, seinen Tod."

Es bedarf zur Durchführung dieses Versuches nur des Anhaltens des Athmens mit gleichzeitiger Zusammendrückung der Brust, die man entweder mit den Händen oder auch durch die Athemmuskeln selbst bewirken kann. Der Herzschlag hört fast

augenblicklich auf, die Herzgeräusche sind nicht mehr hörbar, man fühlt noch einzelne schwache Pulsschläge, die dann vollständig aufhören. Setzt man den Versuch auch nur eine Minute fort, so tritt Ohnmacht und vollständige Bewußtlosigkeit ein, die leicht in gänzliches Erlöschen des Lebens überführen kann. Man sieht also, daß auch hier die den Willen erzeugenden Gebilde des Centralnervensystemes eine absolute Herrschaft über die Reflexbewegungen ausüben können, woraus als natürliche Folge sich ergiebt, daß die Reflexbewegungen um so vollständiger Platz greifen müssen, je mehr die Thätigkeit der Gewölbtheile für den Augenblick unterdrückt ist. Deshalb sehen wir sie am Reinsten bei enthaupteten Körpern, bei Neugeborenen, wo die Thätigkeiten des Gehirnes noch nicht ausgebildet sind und das Leben ohne ihr stetes Spiel selbst nicht erhalten werden könnte, so daß man auch mit vollem Rechte die Neugeborenen fast reine Rückenmarkswesen genannt hat. Deshalb sehen wir sie auch im tiefen Schlafe und weniger vollständig beim leisen Schlummer oder in Augenblicken, wo die Gewölbtheile des Gehirnes mit anderen Verrichtungen beschäftigt sind. Ein in tiefes Nachdenken versunkener Mensch wird eher eine automatische Bewegung vollführen, um z. B. eine Fliege zu verjagen, und eher dem Eindrucke des Kitzels nachgeben, als derjenige, welcher sich zusammennimmt und vorbereitet seinen Willen gegen die Reflexthätigkeit wirken läßt. Wir werden später sehen, daß die Reflexbewegungen durch solche Mittel, welche, wie gewisse narcotische Gifte, die Centraltheile direct angreifen, bis zu bedeutender Höhe gesteigert werden können.

Man hat in ähnlicher Weise wie Reflexbewegungen auch Reflexempfindungen, sowie Mitbewegungen und Mitempfindungen annehmen wollen. Bei der Reflexbewegung findet offenbar eine Uebertragung der Erregung von einer empfindenden auf eine bewegende Faser mittelst der grauen Substanz statt. Man glaubte nun nachweisen zu können, daß auch umgekehrt die Erregung von einer bewegenden Faser auf die empfindende überspringen könne, so daß in Folge von Bewegungen Schmerz an irgend einer

anderen Stelle gefühlt würde, und man nahm endlich auch die Mittheilung der Erregung zwischen gleichnamigen Nervenfasern an, so daß die Erregung einer bewegenden Faser Bewegungen anderer Gebilde, die einer empfindenden Empfindung an anderen Orten erzeugen sollte. Alle Erscheinungen, die man zu Gunsten der Reflexempfindungen sowie der Mitempfindungen angeführt hat, können leicht auch auf andere Weise erklärt werden. Dagegen giebt es in der That gewisse Mitbewegungen, die davon abzuhängen scheinen, daß die von dem Willen mitgetheilte Erregung sich in dem Gehirne selbst nicht genau localisirt, sondern einer ganzen Gruppe von peripherischen Nervenfasern mitgetheilt wird. Diese Mitbewegungen können aber eben so leicht durch fortgesetzte Uebung beseitigt wie errungen werden, so daß demnach der Wille auf dieselben eine ähnliche Herrschaft erlangen kann, wie auf die Reflexbewegungen. Es giebt eine Menge von Menschen, die den Ringfinger oder kleinen Finger nicht abgesondert von einander bewegen können. Durch Uebung beim Clavierspielen eignen sie sich diese Fähigkeit an. Andere schließen stets beide Augen zugleich; sobald sie Jagdgänger werden, lernen sie beim Schießen nur das eine Augenlied zu brauchen. Andererseits sind es die angewöhnten Mitbewegungen, welche den wesentlichsten Einfluß sogar auf die Oekonomie der menschlichen Gesellschaft ausüben. Der geübte Arbeiter, der in derselben Zeit das Doppelte und Dreifache der Arbeit des ungeübten liefert, unterscheidet sich nur dadurch, daß er sich eine Reihe von Mitbewegungen angewöhnt hat, zu deren Ausführung es keiner besonderen Operation des großen Gehirnes, keines Nachdenkens und Wollens mehr bedarf, wodurch sowohl Zeit als Kraft gespart werden. Alle diese Erscheinungen beweisen, daß neue Leitungsbahnen für Empfindungen und Bewegungen innerhalb der Centralorgane gewissermaßen erobert und durch beharrliche Uebung an die Stelle früherer Leitungen gesetzt werden können, woraus dann wieder folgt, daß solche, dem Individuum nützliche Eroberungen auf die Nachkommen durch Vererbung übertragen werden können.

An dem verlängerten Marke finden wir in Beziehung auf Bewegung und Empfindung ziemlich dieselben Erscheinungen wieder, wie an dem Rückenmarke; außerdem aber treffen wir hier jederseits fast in unmittelbarer Nähe der Wurzel des herumschweifenden Nerven eine nicht sehr umfangreiche Stelle, von deren Erhaltung die Athemfunction und mithin das Leben des Thieres abhängt. Wir haben oben gesehen, daß die Athmung, wenn auch geschwächt, bestehen bleibt, wie hoch oben man auch das Rückenmark am Halse zerstören möge; es ist nicht minder leicht nachzuweisen, daß die Abtragung sämmtlicher Hirntheile, welche vor dieser Stelle liegen, nur einzelne Theile am Kopfe lähmt, die an der Respiration Antheil nehmen, während die Athembewegungen des Halses und Rumpfes ungestört fortdauern. Man könnte so durch schrittweises Abtragen der Centralorgane von vorn nach hinten oder von hinten nach vorn bis zu einem kleinen Punkte vorrücken, welcher jederseits die Bedingung des Athmens in sich trägt. Führt man einen Schnitt quer vor dem verlängerten Mark so durch, daß dieser Punkt mit dem Rückenmarke zusammenhängt, so spielen die respiratorischen Muskeln des Stammes; im entgegengesetzten Falle diejenigen des Kopfes. Die Zerstörung dieses kleines Punktes, der bei Kaninchen z. B. eine Länge von höchstens drei Linien besitzt, auf beiden Seiten, hat wie bei keinem andern Theile des Centralnervensystemes den unmittelbaren Tod zur Folge. Das Thier stürzt wie vom Blitze getroffen zusammen und es zeigt sich keine Spur mehr von Athembewegung. Es ist dieser Punkt, den man zu erreichen sucht, wenn man einem Thiere den Genickfang giebt. Merkwürdiger Weise behält dieser für das Leben so wichtige Theil, dessen Zerstörung mit solcher Schnelligkeit das Leben endet, auch am längsten seine Erregbarkeit, so daß man durch seine Reizung oft noch Athembewegungen erzielen kann, wenn die übrigen Centraltheile keine Bewegung mehr hervorzurufen im Stande sind.

In derselben Gegend des verlängerten Markes, in welcher die Centralstelle der Athmung sich findet, liegt auch die Vagusquelle des Herzschlages, und beide Stellen sind so eng verbunden,

daß man sie bei den Versuchen an lebenden Thieren bis jetzt noch nicht zu trennen vermochte, obgleich andere Erfahrungen nachweisen, daß beide in gewisser Beziehung unabhängig sind. Bringt man die Drähte eines Magnetelectromotors an das verlängerte Mark, so steht der Herzschlag augenblicklich still. Man beobachtet dieselbe Wirkung, wie bei der gleichartigen Erregung des herumschweifenden Nerven. So begreift es sich denn, daß die Trennung des verlängerten Markes durch den Genickfang, indem sie gleichzeitig Athmung und Herzschlag aufhebt, den unmittelbaren Tod zur Folge haben muß.

Das geregelte Zusammenwirken der athmenden Stammmuskeln und des Zwerchfelles, welches ebenso wie zur Athmung, zum Erbrechen und zur Kothentleerung nöthig ist, sowie alle diejenigen Bewegungen, die von solchen Nerven direct vermittelt werden, welche in dem verlängerten Marke entspringen, werden auch von dort aus beherrscht.

Es hält zwar schwer, bei den so schnell tödtlichen Wirkungen einer Verletzung des verlängerten Markes die Beziehung desselben zu den empfindenden und bewegenden Nervenfasern zu bestimmen; es scheint indeß, als ob hier die sogenannten Hülsenstränge die Fortsetzung der Vorderstränge des Rückenmarkes seien, während die Seitenstränge des verlängerten Markes eine specielle Beziehung zu den Respirationsbewegungen besitzen, die Pyramiden weder empfindlich, noch motorisch sind und auch die Oberfläche des verlängerten Markes keine Empfindlichkeit zeigt. Ein anatomisches Verhältniß des vorderen Theiles des verlängerten Markes verdient indessen noch eine besondere Erwähnung. Die Fasern der weißen Substanz kreuzen sich nämlich hier in der Art, daß diejenigen Primitivröhren, welche im Rückenmarke und dem verlängerten Marke auf der linken Seite verliefen, theilweise nun nach rechts hinübergehen, während die von der rechten Seite nach links überschlagen. Indessen findet diese Kreuzung nach den neueren Versuchen nicht nur in dem verlängerten Marke, sondern auch weiter nach vorne in dem Hirnstamme, den Hirnschenkeln und der Brücke statt, und zwar betrifft sie vorzugsweise

nur die Bewegungsfasern, während die Empfindungsfasern keine Kreuzung gewahren lassen. Aus dieser Kreuzung der Nervenfasern folgt dann das merkwürdige Verhältniß, daß Verletzungen des Gehirnes, wobei bewegende Fasern in ihrer Function gestört werden, stets von Lähmungen der entgegengesetzten Seite im Körper gefolgt werden, während natürlich die Lähmungen in denjenigen Theilen, deren Nerven direct vom Gehirne ausgehen, auf der Seite der Verletzung auftreten. Man hat nicht so ganz selten Gelegenheit, Menschen zu beobachten, bei welchen die linke Gesichtshälfte gelähmt ist, so daß das linke Augenlied nicht gehoben werden kann, der Mund nach rechts verzogen wird, und wo zugleich der rechte Arm und der rechte Fuß bewegungslos und dem Einflusse des Willens entzogen sind. Solche Erscheinungen beweisen Aufhebung der Thätigkeit des Antlitznerven der linken Seite, Lähmung der Körpernerven auf der rechten Seite: sie führen dadurch auf die nothwendige Folge, daß eine Verletzung des Gehirnes auf der linken Seite vorhanden ist, welche, vermöge der im verlängerten Marke stattfindenden Kreuzung, die rechte Körperseite gelähmt hat. Diese Kreuzung ist, wie man sich leicht denken kann, von der größten Wichtigkeit für den Arzt, da er ohne ihre specielle Kenntniß stets den Sitz einer im Gehirne sich entwickelnden Krankheit verkennen würde. Blutansammlungen in Folge von Schlagflüssen, Eiterbälge, Geschwülste im Gehirne verrathen ihren Sitz meist nur durch solche gekreuzte Lähmungen, und wenn auch in den meisten Fällen die örtliche Behandlung nur wenigen Einfluß üben kann, so giebt es dennoch einzelne Krankheiten, in welchen es von der höchsten Wichtigkeit für das Leben des Kranken sein muß, den genaueren Sitz des Uebels zu erkennen. Gar oft können oberflächliche Eiter- oder Blutansammlungen, welche das Gehirn zusammendrücken, durch die Trepanation entleert und dadurch der Kranke oder Verwundete geheilt werden.

Die verschiedenen Theile des Gehirnes zeigen sich in ihrem Verhalten zu den Empfindungen sehr verschieden. Ehe noch die Versuche an lebenden Thieren über diese Verhältnisse aufgeklärt

hatten, war es den älteren Chirurgen schon aufgefallen, daß man bei durchdringenden Kopfwunden, wo die Hemisphären des großen Gehirnes blosgelegt waren, letzteres berühren, ja sogar Stücke davon wegnehmen konnte, ohne daß der geringste Schmerz empfunden wurde. Man konnte diese Erscheinungen nicht durch die öfter eintretende Besinnungslosigkeit erklären, da viele Verwundete das Bewußtsein gar nicht verloren und recht gut empfanden, wenn man die Haut ihres Kopfes berührte, während die Verletzung oder Reizung ihres großen Gehirnes durchaus nicht zu dem Bewußtsein gelangte. Die Experimentalphysiologie hat diese Beziehungen in so weit aufgeklärt, daß wir ziemlich bestimmt von den gröberen anatomischen Theilen angeben können, welche derselben unempfindlich, welche dagegen empfindlich sind, und es stellt sich hier als allgemeines Gesetz heraus: daß der Hirnstamm in einem großen Theile seines Verlaufes empfindlich, sämmtliche Gewölbtheile aber unempfindlich sind. Die Hemisphären des großen Gehirnes, die sämmtlichen über den großen Hirnhöhlen gelegenen Theile, die Gewölbtheile der Vierhügel über dem Kanale derselben, die Gewölbtheile des kleinen Gehirnes erscheinen alle durchaus unempfindlich; man kann sie bei lebenden Thieren, deren Schädel man geöffnet hat, auf die grausamste Weise zerfleischen, ohne die geringste Schmerzensäußerung hervorzurufen. Dagegen sind die zum Hirnstamme gehörigen Ausstrahlungen, welche nach dem kleinen Gehirne, den Vierhügeln und dem großen Gehirne gehen und die man mit dem allgemeinen Namen der Hirnschenkel belegt, die Sehhügel und die Brücke mehr oder weniger empfindlich und die Thiere stoßen bei ihrer Berührung die jämmerlichsten Schreie aus.

Es bestätigen diese von allen Forschern in übereinstimmender Weise gewonnenen Resultate die anatomische Annahme: daß die einzelnen Primitivröhren der peripherischen Nerven aus den grauen Knoten des Hirnstammes entspringen, und daß die weiße Nervenmasse, welche die Gewölbtheile bildet, in keinem directen Zusammenhange mit den peripherischen Nerven steht. In der

That scheint auch beim Hirnstamme wie beim Rückenmarke die Empfindlichkeit der einzelnen Theile nur von den Nervenwurzeln abzuhängen, die aus ihnen hervorgehen. Wir haben in dem vorigen Brief gesehen, daß der allgemeine Charakter aller Nervenprimitivröhren darin besteht, daß ihre Function in ihrem ganzen Verlaufe gleichartig ist; wollte man annehmen, daß die Empfindungsfasern bis in die Gewölbtheile des Gehirnes gelangen, so wäre damit auch nothwendig der Schluß gesetzt, daß sie dort ihre Fnnction ändern und einen andern Charakter annehmen müssen. Man könnte nicht behaupten, daß diese Function mit dem Eintreten der Primitivröhren in das centrale Nervensystem geändert werde; denn das Experiment weist nach, daß im ganzen Rückenmarke, im ganzen Hirnstamme innerhalb der weißen Substanz eine solche Veränderung ihrer Function nicht existirt, sondern daß diese im Gegentheil wohl erhalten bleibt; diese Veränderung der Function müßte also erst bei dem Eintritte in die Gewölbtheile entstehen. Eine solche Annahme hat nicht nur keinen vernünftigen Grund für sich, sondern auch das Ergebniß der anatomischen Untersuchung gegen sich, wonach die Wurzelfasern der peripherischen Nerven sich nicht weiter, als bis in die grauen Kerne des Hirnstammes verfolgen lassen.

In diesem eigenthümlichen Verhältniß der leitenden Nervenröhren zu den Centralorganen liegt der Grund einer eigenthümlichen Täuschung, welcher wir namentlich bei den Tast- und Schmerzensempfindungen unterworfen sind. Die Erregung, welche durch irgend einen Anstoß dem peripherischen Ende einer nach dem Centralorgane leitenden Nervenfaser mitgetheilt wird, leitet sich bis zu dem Gehirne fort und wird dort von dem Bewußtsein als local beschränkte Empfindung aufgefaßt. Gewisse Formelemente im Gehirne müssen demnach stets einer gewissen Localität an der Peripherie entsprechen, ihre Erregung, mag dieselbe nun von außen her mitgetheilt, oder durch irgend eine innere Ursache erzeugt werden, muß in dem Bewußtsein sich zu einer local beschränkten peripherischen Empfindung gestalten. Hieraus folgt denn, daß auch diejenigen Einwirkungen, welche eine centripetal

leitende Nervenfaser nicht an ihrem peripherischen Ende, sondern an irgend einer beliebigen Stelle ihres Laufes treffen, von der dadurch erregten Hirnstelle als Empfindung des peripherischen Endes aufgefaßt werden, wodurch eine wahrhafte Sinnestäuschung entsteht. Man erlaube mir einen Vergleich. Es existiren zwei Telegraphenbureaus, von denen das eine A das peripherische Ende, das andere B das Centralorgan, der dazwischen ausgespannte Draht den leitenden Nerven darstellt. Jeder electrische Strom, der sich in der Richtung von A nach B bewegt, wird von dem Telegraphisten in B als von dem peripherischen Ende in A kommend aufgefaßt werden, und wenn ohne sein Wissen in der Mitte des Drahtes ein Strom erzeugt, ein neues Bureau errichtet wird, so wird er dessen Mittheilung als von B kommend auffassen müssen. Ganz das Aehnliche findet bei der Auffassung in dem Gehirne statt, nur daß hier die durch die Organisation selbst bedingte und durch die tägliche Erfahrung festgestellte Auffassung so übermächtig ist, daß die Täuschung selbst im Widerstreite mit dem allgemeinen Bewußtsein, das aus vielen anderen Sinnesempfindungen hervorgeht, dennoch ihre Geltung behauptet. Man glaubte früher, daß diese Auffassung in einer eigenthümlichen Structur der Nerven-Primitivröhren beruhe, weshalb man es als das Gesetz der peripherischen Reaction bezeichnete; man hat aber jetzt, bei genauerer Untersuchung, diese Uebertragung der Reizung, welche eine Primitivfaser irgendwo in ihrem Laufe trifft, auf ihr peripherisches Ende, dem Centralorgane vindiciren müssen.

Es ist dies Gesetz namentlich für die Beurtheilung der Schmerzen, welche in den peripherischen Organen auftreten, von der höchsten Wichtigkeit. Jedermann weiß schon aus seiner eigenen Erfahrung, daß ein Stoß auf den Ellenbogen an dem Orte, wo der Stamm des Ellenbogennerven über den Knochen läuft, eine äußerst schmerzhafte Empfindung in den äußeren Theilen der Hand, dem Ringfinger und kleinen Finger erregt, daß unleidliches Prickeln, Ameisenlaufen und ähnliche Erscheinungen in der Hand und dem Vorderarme einer solchen Ver-

letzung folgen. Ist ja doch diese Erfahrung so häufig, daß man im gemeinen Leben diese Stelle mit dem Namen des „Hochzeits- oder Judenknöchelchens“ belegt! Es kann hier Jeder das Gesetz der peripherischen Reaction der Nerven ohne weiteren Schaden durch das Experiment prüfen. In ungemein vielen ähnlichen Fällen überzeugt man sich von der durchgreifenden Gültigkeit dieses Gesetzes. Bei der Amputation des Oberschenkels z. B. fühlt der Kranke den Schmerz des Hautschnittes genau an der richtigen Stelle; es werden hier die peripherischen Enden der Hautnerven durchschnitten. Im Momente aber, wo das Messer den Schenkelnerven trennt, glaubt der Verwundete einen heftigen Schmerz in den Zehen, dem Fuße, der Wade zu empfinden, und diese Empfindung ist so gewaltig, ihre Oertlichkeit so unmittelbar angegeben, daß sie sogar über das Bewußtsein des Kranken obsiegt.

Von Seiten des Arztes gehört die größte Vorsicht dazu, um gehörig bestimmen zu können, wo die erregende Ursache eines Schmerzes zu finden sei, der in einem peripherischen Organe auftritt. Der Laie wundert sich oft, warum bei einem bestimmt umschriebenen Schmerze das scheinbar kranke Organ durchaus unberücksichtigt gelassen wird und die Wirkungen der Ableitungsmittel auf ganz andere Punkte gerichtet werden, die ihm vollkommen gesund erscheinen. Die medicinischen Annalen sind mit den grausamsten Behandlungsfehlern erfüllt, welche in der Nichtbeachtung dieses einfachen Gesetzes ihren Grund haben, und um zu beweisen, wie leicht der Irrthum und wie fruchtlos die Behandlung ist, die auf dies Gesetz nicht Acht hat, möge folgender, aus den Annalen der englischen Chirurgie entnommener Fall genügen. Ein junges Mädchen leidet an den heftigsten Schmerzen im Knie, die keiner örtlichen Behandlung weichen wollen. Das Knie selbst erscheint vollkommen gesund; der Nervenschmerz ist aber so heftig, daß nach einigen Jahren einer durch ihn verbitterten Existenz die Kranke flehentlich um Ablösung des Fußes bittet. Das Bein wird über dem Knie amputirt, aber durchaus ohne allen Erfolg, die Schmerzen werden nach wie vor in dem

jetzt entfernten Knie empfunden. Man amputirt den Schenkel zum zweiten Male höher oben — die Schmerzen bleiben. Die Kranke wird einer dritten Operation unterworfen, in welcher man den Oberschenkel aus der Pfanne des Hüftgelenkes herausschneidet — der Erfolg ist nicht glänzender. Die Gemarterte stirbt endlich und bei der Section zeigen sich einige knöcherne Plättchen in den Durchgangslöchern der Nerven, wodurch die hinteren Wurzeln derselben gereizt wurden. Hier war also der Reiz in der Nähe des Ursprunges der Nerven; seine Folge, der Schmerz, trat in dem peripherischen Verbreitungsbezirk des Nerven am Knie auf, und alle örtliche Behandlung des schmerzenden Theiles, ja selbst seine Entfernung, konnte natürlicher Weise keinen Erfolg haben. Aehnliche peripherische Schmerzen in einzelnen Gliedern hat man schon oft in Folge von Krankheiten der Centralorgane beobachtet.

Aus dem hier angeführten Falle geht schon hervor, daß man sogar Schmerzen in Gliedern fühlen kann, welche verloren gegangen sind, eben weil die verstümmelten Nerven stets noch die Reize, von welchen sie betroffen werden, auf die ihnen fehlende peripherische Endigung übertragen. Aus dieser Uebertragung geht dann die Erscheinung hervor, daß Amputirte, so lange sie leben, stets das Gefühl der Extremität haben, die ihnen fehlt, und selbst 20 und 30 Jahre nach der Operation, nachdem sie sich längst an den Verlust des Gliedes gewöhnt haben, diejenigen Gefühle, welche den Stumpf betreffen, auf das verlorene Glied übertragen. Entzündungen, Verletzungen des Stumpfes werden in dem Fuße oder der Hand schmerzhaft empfunden, und selbst ganz gesunde Leute können trotz der handgreiflichen Ueberzeugung sich dieser Integrirung ihres fehlenden Gliedes nicht entschlagen und begehen in unbewachten Augenblicken Handlungen, welche darauf hindeuten, daß sie sich noch im Besitze ihrer Extremität fühlen. Sie bedecken sorgfältig im Bette den Ort, wo der fehlende Fuß liegen würde; springen, plötzlich aufgeschreckt, in die Höhe, als könnten sie auf beide Beine sich stützen, und fallen dann zur Erde nieder; greifen mit dem Stumpfe des Armes

nach Gegenständen, als ob sie dieselben mit der fehlenden Hand fassen wollten, und ähnliche Erscheinungen mehr. Wie sehr diese Integritätsgefühle der Amputirten in der Oganisation der Nerven begründet sind, beweisen auch die Träume solcher Verstümmelten. Anfangs, in den ersten Jahren nach der Operation, träumen sich die Individuen durchaus gesund, unverletzt; Leute, welche das Bein verloren haben, gehen in ihren Träumen auf zwei gesunden Beinen einher. Allmählich aber mischt sich das Bewußtsein der Verstümmelung in die Traumvorstellungen: der Mensch besitzt zwar seinen Arm, sein Bein noch, aber er kann sich ihrer nicht bedienen und schleppt das Glied als unnütze Last mit sich. Es mag wohl wenige Invaliden geben, die alt genug werden, um sich so verstümmelt zu träumen, als sie wirklich sind; aber auch in diesen Fällen, wo bei den subjectiven Vorstellungen die Erinnerung an ihr früher besessenes Gut verloren gegangen ist, selbst in diesen Fällen tritt bei objectiven Verletzungen des Stumpfes das Integritätsgefühl hervor, und der Invalide, der sich auf Krücken träumte, fühlt bei Entzündung des Stumpfes Schmerzen in den peripherischen Theilen seines verstümmelten Gliedes.

Die neuere Chirurgie, welche sich theilweise zur Aufgabe gesetzt hat, verlorene Theile zu ersetzen, hat schon manche merkwürdige Resultate in Hinsicht der Localisation der Empfindungen geliefert. Verloren gegangene Nasen werden nach den neueren Operationsmethoden in der Weise ersetzt, daß man auf der Stirn ein dreieckiges Stück Haut ausschneidet, welches nur an der Nasenwurzel durch eine Brücke mit der übrigen Haut in Zusammenhang bleibt. Den auf diese Weise gebildeten Lappen dreht man um und heftet ihn an die wundgeschnittenen Ränder der zerstörten Nase an. Die neue Nase ist demnach aus der Stirnhaut gebildet und fühlt sich als Stirnhaut so lange, als die Brücke noch besteht, welche man an der Nasenwurzel zu dem Endzwecke gelassen hatte, um die Ernährung des Lappens zu unterhalten. Diese Brücke wird durchschnitten, sobald der Lappen auf den Seiten angeheilt ist und seine Ernährung von der Wange aus geschehen

kann. Unmittelbar nach dieser Durchschneidung ist der Lappen durchaus gefühllos; nach einiger Zeit aber stellt sich allmählich mehr und mehr die Empfindung wieder her, und in den meisten Fällen fühlt sich der Lappen dann nicht mehr als Stirn, sondern eben als Nase. Es giebt indessen auch Fälle, und man hat vergessen, auf diese Gewicht zu legen, in welchen die neue Nase stets ein mehr oder minder dumpfes Gefühl hat, wie wenn sie noch in der Stirn läge. Bei einem Operirten, dessen Brücke seit neun Wochen durchschnitten war, hatte sich dies Gefühl auf der einen Seite der neuen Nase sehr deutlich erhalten. Einige dort befindliche Erhabenheiten wurden mit Kantharidensalbe betupft, und jedesmal klagte der Kranke über Schmerz, deutlichen Schmerz an derjenigen Stirnstelle, wo früher der betupfte Ort sich befand.

Hier hängt es offenbar von dem centralen Punkte ab, welchen die neugebildeten Nervenfasern erreichen, ob die Empfindung auf die Stirne oder auf die Nase localisirt wird. Der von der Stirne auf die Nase verpflanzte Hautlappen fühlt sich als Stirn, so lange seine Nervenverbindung mittelst der Brücke an der Nasenwurzel noch existirt. Er ist gefühllos nach deren Durchschneidung, weil alle seine Nerven durchschnitten sind. Bilden sich neue Nervenfasern in ihm, welche mit den Nervenstämmen der Wange und durch diese mit den Localstellen der Wange im Gehirn, wenn ich mich so ausdrücken darf, in Verbindung treten, so fühlt der Hautlappen sich als Nase; tritt aber die Vereinigung der neugebildeten Nervenröhren so ein, daß die Fasern der Stirnnerven die Leitung übernehmen, so wird der Hautlappen sich als Stirne fühlen. Wir kommen somit durch alle diese Untersuchungen nothwendig zu dem Schlusse, daß in dem Bereiche des empfindenden Nervenapparates sich drei verschiedene Gruppen von Gebilden befinden: die einen, welche die von der Peripherie her übertragenen Empfindungen im Inneren des Centralorganes weiter leiten; die anderen, welche innerhalb des Centralorganes die locale Empfindung erzeugen; die dritten endlich, welche in dem allgemeinen Bewußtsein diese

locale Empfindung verarbeiten. Jede dieser Nervengruppen, für sich angeregt, mag die ihnen entsprechende Empfindung erzeugen, und manche Krankheitserscheinungen können hierin ihre Erklärung finden. Die herumziehenden Schmerzen der Hysterischen und Hypochonder, die beständig den Ort wechseln, ohne daß eine locale peripherische Veränderung vorhanden sei, beruhen sicherlich auf krankhaften Erregungen der empfindenden Nervengruppen, die in dem Centralorgane stattfinden.

Die Resultate der Versuche hinsichtlich der Bewegung sind nicht so genau und überzeugend, als diejenigen, welche sich auf die Empfindung beziehen. Es sind hier zwei Reihen von Thatsachen genau zu unterscheiden, welche man wohl mit dem Namen der directen und indirecten Lähmung bezeichnen könnte. Während die Beobachter einzig nur der ersteren ihre Aufmerksamkeit zuneigten, vernachlässigten sie die Erscheinungen der letzteren durchaus. Ich will mich deutlicher ausdrücken. Wenn man eine motorische Primitivröhre reizt, so ziehen sich diejenigen Muskeln zusammen, zu welchen sie sich begiebt. Reizt man einen Theil des Rückenmarkes, den man isolirt hat, um den später zu besprechenden mitgetheilten Bewegungen zu entgehen, so bewegen sich die Muskeln, zu welchen die gereizten Nervenfasern gehen. Zerstört man die Nervenfasern, so hört die Bewegung auf. Zerstört man die Bewegung leitenden Elemente (die Vorderstränge und die graue Substanz), so tritt Lähmung ein. Dies ist eine directe Reizung, eine directe Lähmung, bedingt gleichsam durch Zerstörung der Brücke, auf welcher die Reaction gegen den Reiz fortschreiten muß.

Das Centralnervensystem besitzt aber, wie wir im Verlaufe dieser Untersuchungen sehen werden, besondere Eigenschaften, wodurch die Nervenkraft erhalten, die Empfindungen dem Bewußtsein zugeführt, die Bewegungen dem Willen unterworfen und in ihrer Harmonie zusammengruppirt werden. Werden die Theile, welchen diese Eigenschaften zukommen, verletzt, so hören auch die Bewegungen auf. Werden diejenigen Theile verletzt, welche dem Bewegungswillen (wenn es erlaubt ist, sich so aus-

zudrücken) und der Ueberleitung des Willens zu den bewegenden Primitivröhren vorstehen, so können die Bewegungen zwar noch durch directe Reize hervorgerufen werden, nicht aber mehr durch den Willen des Individuums, für welches diese indirecte Lähmung eben so vollkommen ist, als diejenige, welche durch directe Zerstörung der bewegenden Nervenprimitivröhren hervorgebracht ist. Gewiß muß man auch hier noch im Centralorgane besondere Elemente unterscheiden, welche den Willen zeugen, andere, welche ihn fortleiten, andere, welche ihn übertragen. Ich beobachtete längere Zeit eine durch einen Schlagfluß (Blutaustritt im Gehirne) an der Sprache gelähmte Kranke. Sie sprach zuweilen die schwierigsten Worte, die ein Franzose niemals artikuliren könnte, deutlich aus — die bewegenden Fasern waren also nicht gelähmt; sie hatte den Willen und gab sich Mühe, dasselbe Wort zu wiederholen — die Willenselemente waren also ungeschwächt —, nichts desto weniger konnte sie das Wort nicht wiederholen, das sie im Augenblicke vorher hervorstieß. Muß man die Erscheinung vielleicht so auffassen, daß die Artikulirung des, stets zur Situation passenden Wortes, z. B. schrecklich! oder Herr Jesus! nur eine Reflexbewegung war, hervorgerufen durch eine Vorstellung, daß dagegen die Willensleitung unterbrochen ist? Man denke über die später zu betrachtenden Zwangsbewegungen nach, welche sich nach Durchschneidung gewisser Hirntheile einstellen, und sage sich, ob hier nicht der Wille bestand, seine Ueberleitung aber gestört oder selbst nur gefälscht war.

Als allgemeines Resultat läßt sich behaupten, daß keine Primitivröhre eines peripherischen Nerven weiter als bis in das Rückenmark oder den Hirnstamm vordringe, daß mithin alle Functionen der peripherischen Nerven nur im Rückenmarke und im Hirnstamme concentrirt seien. Nichts desto weniger sehen wir täglich Lähmungen der Gliedmaßen, bedingt durch Krankheitsprocesse, welche in Gehirntheilen ihren Sitz haben, deren Reizung keinen Schmerz, keine Bewegung bedingt. Weit entfernt, diese Erscheinungen aus indirecter Lähmung herleiten zu wollen, bedingt durch Vernichtung derjenigen Theile, welche den bewegen-

den Primitivfasern den Befehl zur Ausübung ihrer Function mittheilen, suchte man sich durch mancherlei sonderbare Hinterthüren aus der Schlinge zu ziehen. Man sagte, es finde Druck auf den Hirnstamm statt; man schloß, daß die Primitivröhren dennoch bis in die schmerzlosen Theile vordrängen, wobei man sich auf die Faserung der weißen Substanz stützte, daß sie aber ihren Character änderten, und dergleichen Erklärungsversuche mehr. Experiment und Beobachtung, wenn auch unvollständig, haben uns doch Thatsachen geliefert, die als Anhaltspunkte einer consequenten Betrachtung der Erscheinungen dienen müssen. Wagen wir einmal consequent zu sein. Stellen wir die Elemente unserer Schlüsse zusammen. Die bewegenden Primitivröhren enden im Hirnstamme. Thiere, Vögel, denen das große Gehirn fehlt, führen noch, wie wir sehen werden, zweckmäßige Bewegungen aus. Leute, die an Krankheiten der Gewölbtheile leiden, sind oft gelähmt; sie möchten die gelähmten Glieder bewegen, können aber nicht. Druck auf den Hirnstamm anzunehmen, ist in den meisten Fällen dieser Art geradezu Unsinn; wie soll eine erweichte Stelle in der Hemisphäre den Hirnstamm zusammendrücken? Doch zurück zu unseren Prämissen. Warum bewegt sich der Vogel ohne Großhirn nicht? Er empfindet kein Bedürfniß, Bewegung zu wollen; regt man die Bewegung direct an, so bewegt er sich. Die Reflexbewegungen sind ungestört, soweit sie von den vorhandenen Theilen abhängen. Warum bewegt sich der Kranke nicht? Seine bewegenden Primitivröhren sind unverletzt, denn galvanische Reizung bringt sie in Thätigkeit; er kann wollen, sich selbstständig das Bedürfniß der Bewegung hervorrufen, was der enthirnte Vogel nicht kann, aber die Brücke fehlt, der Wille wird den bewegenden Organen nicht mitgetheilt; daher die Lähmung. Wir haben demnach, auch abgesehen von den Reflexbewegungen, drei Klassen von Theilen, welche zur Bildung einer gewollten Bewegung nöthig sind: direct bewegende Primitivröhren, welche der Wille oder ein Reiz treffen muß, die aber selbstständig ihre Thätigkeit nicht hervorrufen können; Theile, die den Willen leiten, und endlich Theile, die den Willen bedingen, gleichsam

ausarbeiten. Zerstörung eines jeden dieser Theile kann Lähmung bedingen; in jedem vorliegenden Falle wird es davon abhängen, zu bestimmen, welcher Art die Lähmung sei. Wie man sieht, stimmen diese Resultate durchaus mit denjenigen überein, die wir bei der Analyse der Empfindungen erhielten, wo ebenfalls eine dreifache Gruppirung der Elementartheile sich herausstellte.

Kehren wir nun zur Darstellung derjenigen Resultate zurück, welche uns die Versuche über die Beziehungen der einzelnen Hirntheile zu den Nervenfunctionen gegeben haben, so sehen wir, indem wir im Hirnstamme von unten nach oben aufsteigen, zuerst in den Kleinhirnschenkeln eine offenbare Beziehung zu den Muskeln der Wirbelsäule. Durchschneidet man einen dieser Theile in der Nähe der Brücke, so rollt das Thier sich, sobald es sich bewegen will, um seine Achse nach der verletzten Seite hin; durchschneidet man den Kleinhirnschenkel weiter oben, so findet das Rollen gegen die gesunde Seite hin statt. In dem ersten Falle sind die Drehmuskeln der Wirbelsäule auf der entgegengesetzten Seite, im letzteren Falle auf der Seite der Verwundung gelähmt. Bei operirten Thieren wirken diese Rollbewegungen so intensiv, daß ein Beobachter erzählt, er habe ein Kaninchen, das man nach der Operation in Heu gesteckt, am andern Morgen wie eine Korbflasche eingewickelt wieder gefunden; auch von Menschen sind Fälle bekannt, wo bei Entartung der Kleinhirnschenkel der Kranke solche Drehungen um die Achse seines Körpers besonders im Schlafe vornahm. Werden beide Kleinhirnschenkel durchschnitten, so wird die Bewegung des Körpers im allgemeinen geschwächt, der Gang des Thieres wegen mangelnder Fixation der Wirbelsäule schwankend und unsicher, während sonst kein besonderes Symptom am Körper hervortritt. Wohl aber zieht jede Verletzung der Kleinhirnschenkel eine Veränderung der Augenstellung nach sich, indem das Auge der verletzten Seite nach vornen und unten, dasjenige der gesunden nach hinten und oben sich einstellt.

Die Brücke und die Hirnschenkel entsprechen in mancher Beziehung den Strängen des Rückenmarkes: sowie diese, sind

sie empfindlich, die Brücke namentlich auf ihrer vorderen Fläche. Die Durchschneidung der Theile bewirkt ebenso wie beim Rückenmarke eine gesteigerte Empfindlichkeit in derjenigen Seite des Kopfes und des Körpers, welche der Verletzung entspricht. Auch in Krankheiten hat man dies in so fern bestätigen können, als sehr häufig Schmerzen in verschiedenen Körpertheilen beobachtet wurden, welche mit Entartungen dieser Theile in Zusammenhang standen. Außerdem zeigen sich offenbare Beziehungen zu den Bewegungen. Durchschneidet man einen Hirnschenkel oder die Brücke auf einer Seite, so entsteht eine seitliche Steuerung der Bewegungen, welche die Thiere mit ihrem Willen nicht mehr bemeistern können und wodurch sie statt in geraden Linien, sich in Kreislinien bewegen, indem sie nach der verletzten Seite hin sich etwa ganz in derselben Weise im Kreise drehen, wie ein schulgerecht zugerittenes Pferd auf der Reitbahn. Der französische Beobachter, welcher diese abnormen Bewegungen zuerst sah, hat sie deshalb auch richtig mit dem Namen der Manège-Bewegungen bezeichnet. Zum Beweise, daß die Thiere auch gegen ihren Willen und dann, wenn sie den Körper in gerader Linie fortbewegen wollen, dennoch in dem Kreise sich bewegen müssen, erzählt ein Beobachter Folgendes: „Hat man eine Anzahl solcher operirter Thiere in einem großen geräumigen Local zusammen, so bewegen sie sich die ersten Tage beständig im Kreise. Hat man sie vor dem Versuche soweit gezähmt, daß sie herbeilaufen, wenn man ihnen Futter hinwirft, so werden sie auch jetzt noch auf dem nächsten Wege herbeizukommen versuchen, werden ihre Hinterfüße also kräftiger ausstrecken; aber dies wird nur der Drehung einen größeren Durchmesser geben, sie können sich nicht auf geradem Wege, sondern nur in spiraligen Touren dem Futter nähern. (Man kann sie die Form dieser Touren zeichnen lassen, wenn man ihre Füße mit Oel befeuchtet.) Nach wenigen Tagen aber hat ihnen die Erfahrung ein Mittel gezeigt, die ihnen offenbar lästige Kreisbewegung so viel als möglich zu vermeiden. Man sieht jetzt, daß sie sich, wenn sie das ganze Zimmer durchlaufen wollen, immer zuerst an diejenige Wand begeben,

welche der Seite der Drehung entspricht, und sich längs derselben hinbewegen. Hals und Kopf finden nun an der Wand ein Hinderniß der Abweichung und die Hinterfüße können sie gerade fortstoßen.“

Ganz in ähnlicher Weise wirken Verletzungen der Sehhügel, nur mit dem Unterschiede, daß die Thiere, wenn das hintere Drittel der Sehhügel getroffen wird, ebenso wie bei Wunden der Hirnschenkel, nach der gesunden Seite, bei Wunden der beiden vorderen Drittel hingegen nach der Schnittseite hin ihre Kreisbewegungen ausführen, so daß also in den Sehhügeln selbst eine Kreuzung stattfindet. Im übrigen haben diese Organe durchaus keine Beziehung zu den Augen, wie ihr Name glauben machen könnte.

Von diesen auf mechanische Weise hervorgebrachten Drehbewegungen, die nach Verletzung einiger Hirnstammtheile vorkommen, sind diejenigen Bewegungen wohl zu unterscheiden, welche öfters bei Verletzung des Mittelhirnes vorkommen. Dieses steht in besonderer Beziehung zu der Function des Sehens. Verletzungen der Vierhügel, welche die vordere Hälfte derselben treffen, ziehen eben so gut Blindheit nach sich, als wenn der Sehnerve selbst zerstört worden wäre, nur mit dem Unterschiede, daß die Blindheit auf dem entgegengesetzten Auge auftritt; ein Umstand, der sich leicht dadurch erklärt, daß die Sehnerven unmittelbar nach dem Austritte aus dem Gehirne sich in dem sogenannten Chiasma kreuzen. Plötzliche Blindheit auf einem oder auf beiden Augen bewirkt aber bei Thieren sehr seltsame Erscheinungen. Eine Taube, der man ein Auge mit schwarzem Taffet zuklebt, dreht sich im Kreise dem gesunden Auge nach. Ein Thier, dessen Sehnerve plötzlich durchschnitten wird, dreht in gleicher Weise. Kaninchen, deren Sehnerven man beiderseits plötzlich zerstört, schießen wie Pfeile über den Operationstisch weg in unaufhaltsamer Flucht voran, bis sie wider die Wand stoßen. Gleiche Beobachtungen hat man nach Durchschneidung der Vierhügel auf beiden Seiten gemacht. Der Schrecken, verursacht durch die plötzlich eingebrochene Nacht, in welcher sich die

schon von Natur so ängstlichen Stallhasen befinden, erklärt solche plötzliche Fluchtversuche mehr als genug. Verletzungen der hinteren Hälfte der Vierhügel dagegen lähmen die Bewegungen der Augen und Pupille, ohne, wie es scheint, die Sehkraft selbst bedeutend anzugreifen.

Noch weniger als vom Hirnstamme und den denselben zunächst begrenzenden Gebilden, die wir so eben betrachteten, können wir von den Gewölbtheilen des kleinen und großen Gehirnes sagen. Die seitlichen Lappen des kleinen Gehirnes zeigen zu den Kleinhirnschenkeln einen ähnlichen Gegensatz, wie die Sehhügel zu den Großhirnschenkeln. Nach ihrer Durchschneidung wird der Körper nach der gesunden Seite hin gerollt, während die Augen zugleich sich so stellen, daß dasjenige der gesunden Seite nach vornen nnd unten, dasjenige der kranken nach hinten und oben gerichtet scheint. Bei Abtragung des kleinen Gehirnes selbst verliert die Wirbelsäule gänzlich ihre Fixation; selbst beim ruhigen Stehen schwanken die Thiere hin und her, ihr Gang ähnelt demjenigen eines Betrunkenen, die Bewegungen werden hastig und unregelmäßig ausgeführt und ermangeln der nöthigen Coordination. Man hat längst nachgewiesen, daß diejenige Ansicht, wonach das kleine Gehirn eine Art von Hemmungsapparat wäre, der die ungezügelte Bewegungskraft lenke und mäßige, in unrichtiger Auffassung der Erscheinungen ihren Grund hatte.

Die Streifenhügel, welche anatomisch noch zu dem Gehirnstamme zu gehören scheinen, ihrer Function nach dagegen sichtlich Theile des großen Gehirnes bilden, sind selbst durchaus nicht empfindlich und erregen auch bei Reizung keine directen Bewegungen. Ihre Verwundung und Durchschneidung bewirkt aber höchst eigenthümliche Erscheinungen. Das Tastgefühl im ganzen Körper ist verschwunden, das Schmerzgefühl dagegen vorhanden; die regelrechte Bewegung und Bewegungsfähigkeit vollkommen erhalten, jede Initiative dazu vollständig aufgehoben. Indem man die Theile vorsichtig anfaßt und langsam bewegt, kann man die Thiere in jede noch so unnatürliche und seltsame Stellung

bringen, ohne daß sie im mindesten dieselbe zu verändern suchen, während gesunde Thiere augenblicklich die Stellung verändern würden. Die Krankheitslehre kennt unter dem Namen der Katalepsie eigenthümliche Krampfzustände, in welchen die vollkommen beweglichen Glieder ebenfalls in die unnatürlichsten Stellungen gebracht werden können und in denselben verharren, ohne daß der Kranke sie zu verändern suchte, während der Gesunde sie nur wenige Secunden auszuhalten vermöchte. Ganz so verhält sich das operirte Thier in der Ruhe; drückt man es aber stärker, kneipt man es bis zum Schmerze, so erhebt es sich und springt vorwärts. Anfangs nur langsam, dann schneller und schneller, endlich mit rasender Hast, bis es an ein Hinderniß anprallt und nun in derselben Stellung verharrt, in welcher es anprallte. Keine Spur von Initiative zur Aenderung, in der Ruhe wie in der Bewegung; findet das Thier kein Hinderniß, so rennt es, bis es erschöpft zusammenstürzt. Wie man sieht, wirkt hier in der Ruhe wie in der Bewegung durchaus dasselbe passive Moment fort. Jeder Zustand wird fortgesetzt, ohne daß eine Selbstbestimmung zu seiner Aenderung möglich wäre.

Es ist schon vielen Experimentatoren gelungen, Vögel, denen man das ganze große Gehirn weggenommen hatte, bei künstlicher Fütterung Monate und selbst Jahre lang am Leben zu erhalten und so die Erscheinungen zu studiren, welche solche des großen Gehirnes beraubte Thiere darbieten. Säugethiere überleben die Operation gewöhnlich nur einige Stunden, weil meistens sich am verlängerten Marke Blut ansammelt, welches nach und nach die Centralstellen der Athmung zusammendrückt und auf diese Weise das Leben endet. Sie eignen sich deshalb weniger gut zu Beobachtungen, welche indessen, soweit man sie bis jetzt anstellen konnte, die an Vögeln gemachten vollkommen bestätigen. Tauben, die auf diese Art operirt sind, sitzen wie in beständigem Schlummer. Sie haben den Hals eingezogen, die Flügel am Leibe und ruhen anfangs zumeist auf beiden Füßen. Stößt man sie, kneipt man sie in die Füße, so erwachen sie, schütteln den Körper und die Federn, öffnen die Augen, bewegen sich schwankend

ein paar Schritte weit vorwärts, fallen aber dann in den vorigen Schlummer zurück. Läßt man sie aus der Höhe herabfallen, so breiten sie die Flügel aus, fliegen auch ganz gut und in bestimmter Richtung, nur sinken sie bald auf den Boden, von dem sie sich nicht zu erheben streben. Zuweilen aber erwachen sie von selbst, und dann besteht ihr einziges Geschäft darin, ihre Federn zu putzen und zu ordnen. Die Augen sind empfindlich gegen das Licht; die Taube schließt zwar die Augenlieder nicht, sobald man ihr eine Kerze nähert; aber sie zeigt doch einige Unruhe und folgt selbst in ihren Bewegungen mit dem Kopfe einer Kerze, die man im Dunkeln vor ihren Augen umherdreht. Auch die übrigen Sinnesempfindungen scheinen, wenn auch stumpfer, erhalten, was man namentlich für den Geschmack nachweisen kann. Beim Berühren der Zehen entfernt sie den Fuß; wiederholt man mehrmals dieselbe Berührung, so birgt sie den Fuß unter den Flügel und bleibt, ohne zu wanken, im Gleichgewichte auf einem Fuße sitzen. Kneipt man nun den anderen Fuß, so zieht sie den zuerst verborgenen hervor und steckt denjenigen unter, welchen man zuletzt berührte. Hält man ihr scharf stechende, ätzende Substanzen, wie Ammoniak, an die Nase, so schüttelt sie heftig den Kopf, kratzt mit dem Fuße an der Nase, um den reizenden Körper wegzubringen. Sie ist unfähig, ihr Futter zu picken; man muß ihr den Schnabel öffnen und das Futter bis zur Zungenwurzel einbringen, worauf sie dasselbe hinunterschluckt. Bei einigen sehr lange am Leben erhaltenen Thieren hat man sogar Zornesäußerungen und allmähliche Sicherstellung der Bewegungen, Picken nach Gegenständen und eine gewisse Munterkeit beobachtet, so daß man sie nur bei aufmerksamer Beobachtung von gesunden Thieren unterscheiden konnte. Niemals aber nehmen sie von selbst Nahrung oder Getränke zu sich.

Es zeigen diese Erscheinungen, daß die Sinnesempfindungen wie die Bewegungen nach der Wegnahme des großen Gehirnes nicht nur in ihrer ganzen Vollständigkeit erhalten bleiben, sondern daß letztere auch dieselbe Zweckmäßigkeit in ihren Combinationen behalten, welche sie in dem unverletzten Thiere besaßen,

wenn gleich das ganze Verhalten der Bewegungen darauf hindeutet, daß sich das Thier in einem gewissen Traumzustande befindet, in welchem es sich weder der Empfindungen, noch der Bewegungen klar bewußt wird.

Man sieht, daß hier eine gewisse Verschiedenheit mit den Reflexbewegungen stattfindet, die aber doch nur auf dem Grade der Ausbildung beruht. Bei enthirnten wie enthaupteten Thieren fehlt das Bewußtsein; es werden durch die Sinnesempfindungen keine Vorstellungen und keine aus diesen Vorstellungen entspringende Handlungen geweckt. Das enthirnte Thier kann, wie ein neuerer Beobachter sich ausdrückt, vor dem gefüllten Troge Hungers sterben, weil es das Bild der Nahrung und das Bedürfniß derselben nicht mehr zu der Freßbewegung vereinigen kann. Wenn aber enthaupteten wie enthirnten Thieren Vorstellung und Bewußtsein fehlen, beiden aber eine unbewußte Zweckmäßigkeit und Coordination der Bewegungen in Folge von äußeren Anregungen und eine unbewußte Anpassung derselben gemeinsam ist, so beruht der Unterschied nur im Grade und der Ausdehnung der Handlungen, entsprechend der größeren Ausdehnung der Sinnesempfindungen. Das enthauptete Thier hat nur noch den Tastsinn und das Gemeingefühl — das enthirnte hat alle übrigen Sinnesorgane mit ihren Functionen.

Trägt man die Hirnlappen nach und nach ab, so treten alle diese Erscheinungen nach und nach stets deutlicher hervor, ohne daß nach irgend einer Richtung hin ein besonderer Eingriff nachgewiesen werden könnte.

Die Abtragung einer Hälfte des großen Gehirnes hat gar keinen bemerkbaren Einfluß — die andere Hälfte vicarirt vollkommen und genügt also zur Uebernahme der normalen Gehirnthätigkeit. Dagegen erschöpft sich diese Thätigkeit viel schneller, als bei unversehrtem Gehirn — eine Erscheinung, die sich auch schon bei Menschen nach tiefen Hirnwunden mit Substanzverlust gezeigt hat.

Fragen wir nun nach den genauer begründeten Thatsachen aus der Krankheitslehre, die uns über die Gewölbtheile des

menschlichen Gehirnes und die specielleren Functionen ihrer einzelnen Theile beim Menschen Aufschluß geben sollen, so befinden wir uns um so mehr in großer Ungewißheit, als hier nicht einmal die spärliche Quelle des Versuches fließt, sondern man einzig auf diejenigen Versuche hingewiesen ist, welche uns durch Unglücksfälle oder Krankheiten entgegengeführt werden. Aus den langen Listen von Krankheitsgeschichten und Leichenbefunden, bei denen Entartungen des Gehirnes, Zerstörungen einzelner Theile desselben nachgewiesen wurden, läßt sich kaum eine sichere Schlußfolgerung ziehen. Selbst in Beziehung auf die Lähmungen, welche durch Blutergießungen im Gehirn, durch die sogenannten Schlagflüsse erzeugt werden, sind wir noch gänzlich im Unklaren. Nur so viel wissen wir, daß diese Lähmungen stets, ohne Ausnahme, auf der entgegengesetzten Seite des Körpers auftreten, daß sie jedesmal vorhanden sind, wenn der Hirnstamm von der Entartung oder dem Drucke betroffen wird, und daß die seitlichen Lähmungen, die durch Hirnwunden oder Krankheiten des Gehirnes beim Menschen erzeugt werden, vollkommen und dauernd sein können, während Hirnwunden bei Thieren niemals dauernde halbseitige Lähmungen hervorbringen. Ob eine ähnliche vollständige Kreuzung hinsichtlich der Empfindung im Gehirne stattfindet, wie hinsichtlich der Bewegung, ist noch eine offene Frage, da die Empfindung niemals von den Entartungen so ausgiebig betroffen wird, als die Bewegung; der Umstand, daß man beim Zusammendrücken einer Halsschlagader abnorme Tastempfindungen in der entgegengesetzten Körperhälfte verspürt, scheint indeß dafür zu sprechen. In Beziehung auf die geistigen Fähigkeiten, die dem Gehirne allein zustehen, wissen wir nichts, als was auch aus den Versuchen an Thieren hervorgeht: zunehmende Verdummung bei zunehmender Zerstörung. Die Abnahme bestimmter Fähigkeiten nach Verletzung oder Zerstörung bestimmter Hirntheile läßt sich nur bei einer Function, nämlich der artikulirten Sprache und auch hier nicht mit Sicherheit nachweisen. Dies kann um so weniger auffallen, als die beiden Seitenhälften des Gehirnes symmetrisch gebaut sind, die Verletzungen aber fast

stets nur eine Seite treffen, wo dann, wie der Versuch lehrt, die gleiche Function der anderen Hirnhälfte die Folgen der Verletzung wenigstens bedeutend schwächt und unmerklich macht.

Ein Reihe von krankhaften Erscheinungen, so wie zahlreiche Versuche erweisen einen bedeutenden Einfluß des Centralnervensystemes, und namentlich des Gehirnes, auf die Bewegungen und Empfindungen der Eingeweide, deren Thätigkeit unserem Willen entzogen ist. Die Zusammenziehungen des Magens, der Gedärme, der Ausführungsgänge der Drüsen, wie der Harnleiter und des Gallenkanals, die wurmförmigen Bewegungen der inneren Geschlechtstheile können durch Reizung gewisser Hirntheile angeregt und beschleunigt werden. Die Absonderungen selbst werden von den Centralorganen aus in gewisser Weise dadurch beherrscht, daß die Gefäßnerven mit einzelnen Theilen derselben in Beziehung stehen. Es ist kein Ammenmärchen, daß die Milch der Ammen durch Aufregung schädlich werden, daß Gallenerguß, Durchfälle, profuse Schweiße, Harnabsonderung durch besondere Gehirnzustände hervorgerufen werden können. Daß die Veränderungen im vegetativen Leben häufig sehr tief greifen können, beweisen der sogenannte Diabetes-Stich, den wir früher erwähnten — nämlich die constante Erscheinung von Zucker im Harn nach Verletzung des verlängerten Markes, so wie die höchst bedeutenden Erscheinungen im Bereiche der Ernährung des Kopfes nach Verletzung der Brücke, auf welche wir hier nicht weiter eingehen können.

Nicht minder offen erscheinen zuweilen die Sensibilitätsverhältnisse zwischen den Eingeweiden und dem Centralnervensysteme ausgesprochen. Die heftigen Stirnschmerzen bei Leberleiden, die Hallucinationen und Phantasieen, welche als Folge chronischer Unterleibskrankheiten oft vorkommen und zuweilen gänzlich das eigentliche Leiden maskiren, gehören in das Bereich solcher Erscheinungen, die aber nur noch sehr unvollständig erforscht sind.

Dreizehnter Brief.

Nervenkraft und Seelenthätigkeit.

Die eigenthümlichen Eigenschaften des Nervensystems, über die man freilich erst nach und nach einen den Thatsachen entsprechenden Ueberblick erhielt, haben von jeher die speculative Richtung der physiologischen Forschung in hohem Grade angeregt. Fast jede ärztliche Schule hatte auch ihre besondere Theorie über die Nerven, und je nachdem man ihnen einen größeren oder geringeren Antheil an den Krankheiten zuschrieb, wurde auch diese Theorie mit mehr oder minder lebhaften Farben ausgeschmückt. Als man die mikroskopische Structur der Nervenröhren genauer erforscht hatte, schien die Schnelligkeit der Mittheilung innerhalb dieser mit halbfester Substanz gefüllten Röhren in schneidendem Gegensatze mit der vollständigen Ruhe und Bewegungslosigkeit des Nerveninhaltes selbst zu stehen. Viele Forscher gaben sich vergebliche Mühe, in einem erregten Nerven in einem Augenblicke, wo er Schmerz erzeugte oder eine Muskelbewegung vermittelte, Bewegungen nach der einen oder nach der anderen Richtung hin zu sehen. Selbst in dem Augenblicke, wo die Durchleitung rasch wechselnder electrischer Schläge den Schenkel eines Frosches in Starrkrämpfen zusammenzog, selbst in diesem Augenblicke der höchsten Wirkung sah man nicht die mindeste Veränderung innerhalb der Nervenröhren. Es war augenscheinlich, daß die Mittheilung der Leitung innerhalb der Nervenröhren, die Fortpflanzung der Erregung nach einer bestimmten Richtung hin, mit einem Worte die ganze Wirkung der Nerven, von Molecularveränderungen abhängig sein mußte, welche selbst unserem mit dem

Mikroskope bewaffneten Auge eben so unzugänglich waren, wie die Schwingungen in einem Kupferdrahte, der den electrischen Strom durch meilenweite Entfernungen leitet.

Die Untersuchungen der Neuzeit haben, indem sie einen andern Weg der Untersüchung einschlugen, auch zu weiteren Resultaten geführt. Schon aus den vorigen Briefen ging hervor, daß wir verschiedene Mittel besitzen, einen Nerven in Erregung zu versetzen; — auf mechaniche Weise, durch Stechen, Kneipen, durch chemische Mittel, wie Säuren oder Aetzlaugen, und endlich durch die Electricität, welche in jeder Beziehung das mächtigste Erregungsmittel ist, und selbst dann noch Wirkungen hervorbringt, wenn die übrigen Reize gänzlich versagen. Seit der Entdeckung des Zuckens jenes Froschschenkels, dessen Nerv zufälliger Weise mit einem aus einem silbernen Löffel und einer Messerklinge zusammengesetzten electrischen Elemente in Berührung kam, seit jener Entdeckung ist der enthäutete Froschschenkel eines der wichtigsten Instrumente geworden, ohne dessen Hülfe weder die Nervenphysik noch die Electricitätsphysik selbst jemals zu ihrem heutigen Standpunkte gekommen wären; denn während der electrische Multiplicator äußerst schwache electrische Ströme nachweisen, ihre Richtung angeben und von in längeren Zeiten erfolgendem Wechsel die Stärke anzeigen kann, ersetzt ihn der Froschschenkel durch seine Zuckungen gerade in denjenigen Fällen, wo der Multiplicator seiner Trägheit wegen den Dienst versagt. Jede noch so rasche Veränderung eines Stromes, und wenn sie auch in fast unmeßbarer Zeitdauer einträte und augenblicklich vorüberginge, wird durch den Froschschenkel mit einer Zuckung beantwortet. So hat man denn in den geeigneten Fällen bald das eine künstliche, bald das andere von der Natur gebotene Instrument benutzt, um sich über die electrischen Eigenschaften der Nerven Aufschluß zu verschaffen und hieraus auf die Molecularveränderungen in den Nerven selbst und das in ihnen wirkende Agens zurückschließen zu können. Es würde zu weit führen, wollten wir uns weitläufiger mit diesen Untersuchungen beschäftigen, deren Verständniß nothwendig ein tieferes Eingehen

in die physikalische Lehre von der Electricität erfordern würde. Die Schlüsse, welche aus Reihen der delicatesten Versuche hervorgegangen sind, führen zu dem Resultate: daß jeder lebende erregbare Nerve des Körpers gewissermaßen eine geschlossene electrische Säule darstellt, deren positiver Pol gegen die Längsaxe, der negative gegen die Queraxe gerichtet ist, und dessen electrische Massen durch einen feuchten indifferenten Leiter, die Scheide, umschlossen sind. Das Nervenmark und besonders der Axencylinder ist also einzig die wahre Nervensubstanz, während alle übrigen Scheidengebilde nur zur Isolirung dieses Inhaltes dienende Organe sind. Im Zustande der Ruhe erzeugt demnach schon jeder Nerve einen electrischen Strom, den ruhenden Nervenstrom, welcher bei der Erregung in wesentlicher Weise verändert wird. Schließt man nämlich durch das Stück eines Nerven die Kette einer electrischen Säule in der Weise, daß dieser erregende Strom den Nerven in derselben Richtung durchstreicht, in welcher der ursprüngliche Nervenstrom in der weiteren Fortsetzung des Nerven läuft, so wird dieser Strom gestärkt, bei entgegengesetzter Richtung aber vermindert. Zu diesem Versuche, wie überhaupt zu jeder Fortpflanzung der Erregung und des dadurch bewirkten electrischen Zustandes der Nerven bedarf es aber des vollkommenen ununterbrochenen Zusammenhanges des Inhaltes der Nervenröhren. Hebt man diesen auf, selbst in einer Weise, daß die Electricität noch auf der Außenfläche fortgeleitet wird, so ist nichts desto weniger die Fortpflanzung im Inneren der Nervenröhren aufgehoben. Schnürt man den Nervenstamm z. B. mit einem nassen Faden zusammen, so wird hierdurch jede Fortleitung der Erregung in den Nerven aufgehoben. Ist es ein Muskelnerve, so kann man den Nerven über der Umschnürungsstelle auf jede erdenkliche Art reizen, es erfolgt keine Zuckung in den peripherischen Muskeln. Ist es ein Gefühlsnerve, so erscheint die Empfindungsleitung von den peripherischen Theilen her an dieser Stelle unterbrochen. Ganz in derselben Weise bleibt auch die Verstärkung oder Verminderung des ursprünglichen Nervenstromes in dem außerhalb des

umgeschnürten Fadens gelegenen Nervenstücke aus. Die Wirkung dieser Unterbrechung des Nervenmarkes im lebenden Körper können wir aus der Jedem bekannten Erscheinung des Einschlafens der Glieder beurtheilen, das stets nur durch Druck auf die Nervenstämme erzeugt wird. Geht dieser Druck so weit, daß der Inhalt der Nervenröhren für eine Zeit lang in seiner Continuation unterbrochen wird, so versagen die Nerven jeden Dienst. Das Glied ist völlig unempfindlich und zuweilen selbst so unbeweglich, daß bei plötzlichem Aufstehen der Mensch, dessen Beine eingeschlafen sind, hinfällt. Erst allmählich stellt sich die Leitung wieder her, die dann mit abnormen Erregungszuständen, Prickeln, Ameisenlaufen und unwillkürlichen Zuckungen verbunden ist.

Die bis jetzt angestellten Untersuchungen leiten fast nothwendig zu dem Schlusse: daß der zu jeder Zeit des Lebens thätige Nerv Kräfte entwickelt, die in chemischen Umsetzungen des Nerveninhaltes ihren Grund zu haben scheinen, und daß diese Kräfte, die der Ernährungsproceß in den Nerven erzeugt, den electrischen verwandt sind. Alle Erscheinungen sprechen dafür, daß jede Einwirkung, welche die Zusammensetzung des Nerven beeinträchtigen kann, auch auf seine Erregung schwächend einwirkt, während wieder die Wirkungen der Nervenkräfte mit denjenigen der Electricität in ziemlichem Einklange stehen. Der bedeutendste Einwurf, welchen man gegen diese Ansicht vorbringen könnte, beruht auf der Verschiedenheit der Leitungsgeschwindigkeit, die bekanntlich bei der Electricität 422 Millionen Meter in der Secunde beträgt, also auf den Nerven übertragen vollkommen unmeßbar erscheinen müßte. Freilich können wir auch dem gewöhnlichen Sprachgebrauche nach die Leitung der Erregung innerhalb der Nerven eine unendlich schnelle nennen; genauere Untersuchungen haben indeß bewiesen, daß der Zeitunterschied, der durch die Leitung innerhalb der Nerven bedingt wird, zwar verschwindend klein, aber doch nicht unmeßbar ist. Man hat diese Geschwindigkeit direct in der Art gemessen, daß man einen eigenthümlichen Apparat anbrachte, der unendlich kleine Zeit-

räume noch mit Sicherheit angab, und man hat auf diese Weise gefunden, daß die mittlere Geschwindigkeit der Fortpflanzung in den Nerven 26—30 Meter in der Secunde beträgt. Diese Geschwindigkeit bleibt also unendlich weit, wie man sieht, hinter derjenigen der Electricität zurück, und es würde dies ein wesentlicher Einwurf gegen die Ansicht von der Nervenkraft als einer electrischen sein, wenn nicht die übrigen Untersuchungen darthäten, daß der Nerve nicht als ein einfach leitender Körper angesehen werden kann, sondern aus einer unendlichen Menge von Molecülen besteht, deren jedes von einem electrischen Strome umkreist ist, so daß die Leitung in der Nervenmasse nicht eine directe, sondern eine indirecte ist.

In ähnlicher Weise hat man auch die Geschwindigkeit der Sinneseindrücke und des Gedankens gemessen und gefunden, daß hier eine ziemlich bedeutende individuelle Verschiedenheit herrscht, ja daß sogar die Zeit selbst, deren es bedarf, um einen Sinneseindruck durch eine Bewegung anzuzeigen, durch Uebung verringert werden kann. Der Beobachter soll in dem Momente, wo er ein Geräusch hört, einen Funken sieht, durch eine Fingerbewegung dies anzeigen. Durch electrische Vorrichtungen kann man nun die kleinen Zeitunterschiede messen, welche zwischen der wirklichen Erzeugung der Erscheinung und der Anzeige durch die Bewegung verflossen sind. In runder Summe bedarf es für jeden der beiden Acte, für die Empfindung und für die Ausführung der Bewegung je $^1/_{20}$ Secunde, also für den ganzen Doppelact $^1/_{10}$ Secunde. Ist es aber nöthig mit der Empfindung noch eine Ueberlegung zu verbinden, z. B. anzugeben, ob eine Berührung rechts oder links statt fand, das Licht roth oder grün war, so bedarf es mehr Zeit für die Signalgebung, bis $^1/_4$ Secunde. Jede Leitung bedarf also einer gewissen Zeit und zwar ist die Geschwindigkeit so gering, daß ein Rennpferd oder eine Locomotive in einer Secunde mehr Raum durchläuft, als der Gedanke oder die Leitung im Nerven. Freilich überholt die Leitungsgeschwindigkeit der Nerven den Wind, aber nicht den Schall und noch viel weniger das Licht!

Betrachtet man die Functionen der Nerven im Ganzen, so geht schon aus dem anatomischen Verhalten hervor, daß in den peripherischen Nervenfasern durchaus keine anatomische, den Functionen entsprechende Verschiedenheit gegeben ist, daß aber die Verschiedenheit ihrer Function allein von den beiden Enden, dem peripherischen Organe einerseits und dem centralen Ende andererseits abhängen müsse. Die Mittel, welche eine Erregung bedingen, können, wie wir gesehen haben, außerordentlich verschieden sein; aber selbst wenn man den gleichen Reiz auf verschiedene Nerven anwendet, wird die Wirkung der Erregung dennoch schon aus dem Grunde verschieden sein, weil das Organ, in dem der Nerve endet, und die Stelle, von welcher er im Centralnervensysteme ausgeht, verschieden sind. Man kann deshalb wohl die Ansicht vertheidigen, daß alle Nervenfasern gleich sind, gleich leiten, und daß, wenn von bewegenden, empfindenden und Sinnesnerven gesprochen wird, man diese Ausdrücke nicht auf die Nervenröhren selbst, sondern nur auf die Endpunkte beziehen darf, zwischen welchen sie ausgespannt sind.

Von der Verschiedenheit der peripherischen Organe hängt gewiß großentheils die Erscheinung ab, daß die Nerven qualitativ sehr verschiedene Empfindungen in ihrer Eigenthümlichkeit dem Centralorgane zuleiten. Die Empfindungen, welche unsere Hautnerven uns mittheilen, sind nicht stets dieselben und durch Abstufungen von Mehr oder Minder bedingt, sondern es finden sich darin qualitative Verschiedenheiten der mannigfachsten Art. Man fühlt nicht nur Schmerz, sondern man tastet auch die Härte oder die Gestalt der Oberfläche eines Körpers, man empfindet auch seine Temperatur und hat eine gewisse Schätzung für sein Gewicht; man sieht nicht nur Licht und Finsterniß, sondern auch Farben und deren Nüancen; man hört nicht nur den musikalischen Ton, dessen Schwingungen unser Ohr auffaßt, sondern man unterscheidet auch an dem eigenthümlichen Klange, seinem Timbre, aus welchem Instrumente der Ton hervorgeht. Legt man aber den Hautnerven in seinem Verlaufe bloß, oder schneidet man ihn durch und reizt dann das durchschnittene Ende, so wird

nur Schmerz empfunden, selbst wenn die Reizung durch ein Stück Eis geschieht. Eben so erzeugt der Sehnerve bei seiner Durchschneidung oder bei anderen Erregungszuständen nur im Allgemeinen Licht, nicht aber bestimmte Farben.

Die Erregbarkeit der Nervenmasse selbst kann zu verschiedenen Zeiten eine äußerst verschiedene sein, und hierauf beruht auch zum großen Theile die Verschiedenheit der Empfindungen namentlich in subjectiver Hinsicht. Man kann leicht durch Versuche zeigen, daß die Erregbarkeit eines Nerven sich erschöpft und nach der Erschöpfung wieder neu sich sammelt, wenn man dem Nerven Ruhe gönnt. Setzt man z. B. die Durchleitung electrischer Schläge durch den Nervenstamm eines Froschschenkels eine gewisse Zeit hindurch fort, so entstehen endlich keine Zuckungen mehr; läßt man den Froschschenkel aber einige Zeit ruhig liegen, so antwortet er dann wieder durch Zuckungen auf wiederholte Schläge. Alle Reize, die auf den Nerven angebracht werden, können bei öfterer Wiederholung denselben eben so gut schwächen und erschöpfen, wie auch andererseits absolute Ruhe und Unthätigkeit dieselbe Folge haben kann. Jeder Arzt weiß aus Erfahrung, daß ein Kranker, der mit gebrochenem Beine ein oder zwei Monate lang hat ruhig liegen müssen, nach der Heilung auch das gesunde Bein nicht gehörig zu benutzen versteht, schnell ermüdet und von Neuem mit demselben gehen lernen muß. Wechselnde Zustände des Organismus überhaupt üben auf die Erregbarkeit, auf den Widerstand gegen die Erschöpfung den größten Einfluß aus, und es ist gar nicht gesagt, daß größere Erregbarkeit auch schnellere oder langsamere Erschöpfung im Gefolge habe. Beide Zustände scheinen im Gegentheile ganz unabhängig von einander zu sein und mit durchaus verschiedenen Verhältnissen in Folgebeziehung zu stehen. Die Erhaltung der Erregbarkeit in dem Nerven selbst hängt einestheils von der Erhaltung desjenigen Wärmegrades ab, in welchem sich der Nerv in dem Thiere befindet, anderentheils aber auch wesentlich von dem Zuflusse des arteriellen Blutes, das, wie es scheint, die für einen Augenblick durch die Functionsäußerung modificirte Zusammensetzung der

Nervensubstanz augenblicklich wiederherstellt. Der Zufluß arteriellen Blutes zu dem Gehirne ist die nothwendige, unerläßliche Bedingung für die Thätigkeit dieses Organes, und eine Menge krankhafter Erscheinungen beruhen einzig und allein auf dem Mangel dieser Zufuhr. Große Blutverluste, die plötzlich eintreten; plötzliche oder rasche Hemmung der Zufuhr des rothen Blutes zum Gehirn durch Verstopfung oder Unterbindung der großen Schlagadern, durch Krampf der Gefäßmuskeln, der auch von dem Centralorgane aus durch Schreck oder andere psychische Einflüsse erregt werden kann; Verminderung der Zufuhr arteriellen Blutes in die Centralorgane durch Verhinderung der Athmung auf mechanischem oder chemischem Wege; — alle diese Ursachen führen stets zur Bewußtlosigkeit, zu fallsüchtigen Anfällen mit entsetzlichen Muskelkrämpfen und zu schnellem Tode, wenn die Ursache nicht schleunig gehoben wird. Es ist eine durch hundert Fälle bestätigte Regel, daß man Aderlässe, bei welchen Ohnmachten zu befürchten sind, nur in aufrechter Stellung des Oberkörpers vornehmen soll, indem man dann beim Herannahen der Ohnmacht durch schleuniges Horizontallegen des Körpers das Mittel in der Hand hat, die Blutzufuhr zum Gehirne zu beschleunigen und das entfliehende Leben aufzuhalten. Klassische Untersuchungen über das Wesen der Fallsucht überhaupt haben gezeigt, daß die plötzliche Unterbrechung der Ernährung des Hirnstammes, möge sie nun durch Blutverlust oder sonstige Verhinderung der Zufuhr arteriellen Blutes entstehen, stets fallsüchtige Krämpfe hervorruft, während dagegen dieselbe Ursache in dem Großhirne Bewußtlosigkeit, Unempfindlichkeit und Lähmung erzeugt. Wenige Secunden genügen, um diese entsetzlichen, bei längerer Fortdauer unvermeidlich zum Tode führenden Wirkungen zu erzielen, und man kann leicht bei Thieren, denen man die zuführenden Schlagadern abwechselnd zusammendrückt und wieder frei läßt, nachweisen, daß jede Aufhebung des Kreislaufes unmittelbar die verderbliche Wirkung erzeugt, welche mit Blitzesschnelle verschwindet, sobald man die Zufuhr des Blutes wieder gestattet. Aehnliche Wirkungen

kann man sogar an sich selbst hervorrufen, indem man die Halsschlagadern dauernd zusammendrückt.

Nicht minder haben die peripherischen Nerven beständige Zufuhr nöthig; nur daß hier die Wirkungen nicht mit solcher Schnelligkeit hervortreten, als bei dem in dieser Hinsicht außerordentlich angreifbaren Gehirne. Unterbindet man einem Thiere die Bauchschlagader, so daß kein arterielles Blut mehr in die hinteren Extremitäten einströmt, so sind diese nach wenigen Minuten vollständig in Empfindung und Bewegung gelähmt.

Die Wirkungsweise des Aethers, des Chloroforms und des Chlorals beruht theilweise auch auf der Herabsetzung der Zufuhr arteriellen Blutes, obgleich diese nicht den einzigen Grund derselben einschließt. Man hat die beiden erstgenannten Substanzen in der neueren Zeit nur allzuhäufig bei schmerzhaften Operationen angewendet, um eben den Schmerz gänzlich aufzuheben und man hat dabei viel zu sehr außer Acht gelassen, daß man dem Individuum den Schmerz nur dadurch ersparen konnte, daß man es einer dringenden Lebensgefahr aussetzte. Früher war diese Gefahr geringer, wo man noch Einathmung von Aether anwandte, dessen Dämpfe weit weniger tief eingreifen, als diejenigen des Chloroform, dem man in der neuesten Zeit wegen der Leichtigkeit der Anwendung den Vorzug gegeben hat. Während man zum Einathmen des Aethers complicirte Apparate und eine länger fortgesetzte Einathmung bedarf und zuweilen nur unvollständige Wirkungen hervorbringt, ist man zwar bei dem Chloroform sicher, mittelst einiger auf ein Taschentuch gegossener Tropfen die Wirkung zu erzielen, kann aber auch weniger den Grad des Erfolges ermessen. Trotz aller Vorsichtsmaßregeln häufen sich die Todesfälle in bedeutendem Maße, und es heißt wirklich mit dem Leben auf die leichtsinnigste Weise spielen, wenn man wegen eines vorübergehenden Schmerzes, wie z. B. beim Zahnausreißen, das Chloroform anwendet. Die Erscheinungen sind aber bei beiden Mitteln etwa dieselben. Zuweilen geht eine kurze Aufregung vorher, während welcher die Respirationsbewegungen heftiger sind und auf den Puls, die Stärke und Höhe der Pulswellen einen bedeutenden Einfluß üben.

Dann aber folgt eine längere Zeit, während welcher die Sinneseindrücke nicht mehr empfunden, die Schmerzen nicht mehr gefühlt werden und das Gehirn in dem Zustande erst eines leichten Rausches, dann eines tiefen Traumes sich befindet. In dieser Periode sinkt der mittlere Blutdruck oft bis auf die Hälfte seiner normalen Höhe, und der Einfluß der Athmung, die zugleich seltener wird, auf die Höhe des Pulswelle tritt stets weniger deutlich hervor. Die Schmerzempfindungen werden in angenehme Phantasmen verwandelt, die Tastempfindungen erhalten sich viel länger, doch auch in veränderter und abgestumpfter Weise. Schreitet die Wirkung fort, so tritt vollständige Bewußtlosigkeit, Röcheln, endlich Stillstand des Athmens und zuletzt sogar völliger Stillstand des Herzens und damit nach einiger Zeit der Tod ein. Die Lähmung schreitet von dem Gehirne nach dem Rückenmarke fort; man kann nachweisen, wie allmählich die Reflexbewegungen schwinden und die Empfänglichkeit der Nerven aufhört. Auch bei localer Application und ohne Vermittelung des Centralnervensystemes üben Aether und Chloroform diese zerstörende Wirkung auf die Nervenerregbarkeit aus, und bei allen Erscheinungen, wie namentlich auch beim Einflusse des Athmens auf die Circulation, gewahrt man stets, daß das Chloroform das tiefer eingreifende, rascher wirkende und weitaus gefährlichere Mittel ist. Das ungefährlichste Schlafmittel dagegen ist das Chloral, dessen Wirkung erst durch allmähliche Zersetzung des Stoffes im Inneren der Blutbahn erzielt wird.

Einen wesentlich verschiedenen Einfluß auf die Stimmung des Nervensystemes im Allgemeinen, seine Empfänglichkeit und Erregbarkeit, haben andere Mittel, unter welchen die Brechnuß und das in ihr befindliche wirksame Princip, das Strychnin, weit voransteht. Hat man einen Frosch mit Strychninlösung vergiftet, so treten bald entsetzliche Krämpfe in allen Muskeln ein. Bei der leisesten Erschütterung, bei der geringsten Berührung gerathen alle Muskeln in die heftigsten Zuckungen, die zuletzt in einen allgemeinen Starrkrampf übergehen. Die Strychninlösung wirkt eben so gut von dem Blute aus, bei directer oder

indirecter Aufnahme in die Circulation, wie bei unmittelbarer Application auf die centralen Nervenorgane, und die Menge von Strychnin, welche hinreicht, diesen Zustand allgemeiner Erregung und übermäßiger Krampfzuckungen zu erzeugen, ist fast verschwindend klein. Ist die Dosis der Giftes nur sehr gering gewesen, so kann sich das Thier wieder erholen, behält aber noch lange Zeit eine übermäßige Empfindlichkeit bei. Ganz ähnliche Einflüsse, wie die erwähnten, können indeß auch durch besondere Zustände des Organismus geübt werden. Die Betäubung und die Empfindungslosigkeit gegen Schmerzen (Anästhesie) scheint bei den meisten Personen schon durch anhaltende, starke Kreuzung der Sehaxen erzeugt werden zu können, indem man sie starr und unverrückt einen glänzenden Gegenstand, z. B. einen über die Nasenwurzel gehaltenen Diamant fixiren läßt. Anderseits kann die Empfänglichkeit der Nerven in solcher Weise gesteigert sein, daß die geringste Erregung die heftigste Reaction in dem ganzen Muskelsystem, die bedeutendsten Schmerzen, die lebhaftesten Krämpfe und ähnliche Wirkungen hervorruft. Viele Erscheinungen des sogenannten thierischen Magnetismus, sowie die ganze Reihe von Unsinn, den man unter dem Titel der odischen Erscheinungen in die Welt hinein gequalmt hat, beruhen lediglich auf einer gesteigerten Nervenerregbarkeit, durch welche Empfindungen und Eindrücke, die in dem gewöhnlichen Leben spurlos vorübergehen, dem Bewußtsein mitgetheilt werden. Ich habe eine Frau beobachtet, die durch Tage langes heftiges Erbrechen an den Rand des Grabes gebracht worden war und wo man eine Magenkrankheit vermuthete, während nur beginnende Schwangerschaft die Ursache der abnormen Magenreizbarkeit war. Bei gänzlicher Erschöpfung des Körpers war das Nervensystem in einem solchen Zustande gesteigerter Erregbarkeit, daß die Kranke nicht nur die Tritte der Dorfbewohner hörte, wenn ich die betreffenden in der Ferne kaum sehen konnte, sondern auch die einzelnen Personen, welche über die Straße gingen, ihren Tritten nach unterschied. Wie man sieht, brauchte diese Empfänglichkeit nur noch um ein Geringes sich zu steigern, um Erscheinungen

herbeizuführen, die man, besonders wenn man mit betrügerischen Personen zu thun gehabt hätte, als magnetisches Hellsehen würde bezeichnet haben.

Wir sind so derjenigen Sphäre näher getreten, in welcher das letzte Räthsel der Nervenwirkungen überhaupt liegt, und wir dürfen uns fragen : in welchem Verhältnisse die Functionen der peripherischen Körpernerven überhaupt zu derjenigen Function der Centraltheile stehen, die man mit dem Namen der Seelenthätigkeit zu bezeichnen gewohnt ist.

Es kann nicht geleugnet werden, daß der Sitz des Bewußtseins, des Willens, des Denkens endlich einzig und allein in dem Gehirne gesucht werden muß; allein in welcher Weise nun dort die Räder der Maschine in einander greifen, dies zu bestimmen ist uns vor der Hand unmöglich. Wodurch es geschehen kann, daß ich meinen Willen gerade auf die Vollziehung dieser oder jener Bewegung lenke; ob dies Folge einer besonderen Localisation des Willens, ob nur das Resultat einer bestimmten, der bewegenden Thätigkeit zu verleihenden Richtung ist, dies zu entscheiden liegt außer dem Bereiche unserer heutigen Kenntnisse. Was man deshalb auch von den Beziehungen der Gehirnsubstanzen zu den Nervenverrichtungen sagen möge, es ist besser, hier unsere Unwissenheit zu gestehen und nicht weiter zu gehen, als die Erfahrung und der Versuch uns geführt haben.

Noch viel weniger können wir von den Beziehungen der Geistesthätigkeiten zu dem Gehirne sagen, wenn auch Gall'sche Phrenologie und Carus'sche Cranioskopie die Räthsel gelöst zu haben sich brüsten. Ein jeder Naturforscher wird wohl, denke ich, bei einigermaßen folgerechtem Denken auf die Ansicht kommen : daß alle jene Fähigkeiten, die wir unter dem Namen der Seelenthätigkeiten begreifen, nur Functionen der Gehirnsubstanz sind; oder, um mich einigermaßen grob hier auszudrücken: daß die Gedanken in demselben Verhältniß etwa zu dem Gehirne stehen, wie die Galle zu der Leber oder der Urin zu den Nieren. Eine Seele anzunehmen

die sich des Gehirnes wie eines Instrumentes bedient, mit dem sie arbeiten kann, wie es ihr gefällt, ist ein reiner Unsinn*); man müßte dann gezwungen sein,

---

*) Mit Absicht habe ich diese Stelle durchaus in ihrer ursprünglichen Gestalt gelassen, weil sie nicht bei ihrem Erscheinen, nicht während einiger Jahre, innerhalb welcher das Buch, ich kann wohl sagen, allgemeine Verbreitung und Anerkennung gefunden hatte, sondern erst lange nachher, als man glaubte einer Waffe zu bedürfen, zum Gegenstande der heftigsten Angriffe geworden ist. Die Rechtfertigung der ganzen Ansicht, auf welcher jeder Fortschritt heutigen Tages beruht, liegt freilich in ihr selbst. Da man aber behauptet hat, sie sei verabscheut, verlassen, von jedem ächten Naturforscher bei Seite gelegt, so erlaube ich mir hier, einige Stellen anzuführen, die mit jener Behauptung wohl nicht im Einklang stehen dürften.

Moleschott, nachdem er den obigen Satz angeführt, fährt fort: „Der Vergleich ist unangreifbar, wenn man versteht, wohin Vogt den Vergleichungspunkt verlegt. Das Hirn ist zur Erzeugung der Gedanken eben so unerläßlich, wie die Leber zur Bereitung der Galle und die Niere zur Abscheidung des Harns. Der Gedanke ist aber so wenig eine Flüssigkeit, wie die Wärme oder der Schall. Der Gedanke ist eine Bewegung, eine Umsetzung des Hirnstoffs, die Gedankenthätigkeit ist eine eben so nothwendige, eben so unzertrennliche Eigenschaft des Gehirns, wie in allen Fällen die Kraft dem Stoff als inneres, unveräußerliches Merkmal innewohnt. Es ist so unmöglich, daß ein unversehrtes Hirn nicht denkt, wie es unmöglich ist, daß der Gedanke einem anderen Stoff als dem Gehirn als seinem Träger angehöre." (Moleschott, der Kreislauf des Lebens, Mainz 1842, Seite 402.) Ein anderer Physiologe drückt sich folgendermaßen aus: „Sitz der Seele. Die Apparate, welche die Bedingungen der seelischen Leistungen enthalten sollen, werden verschieden gedeutet. Nach der einen Gruppe der Hypothesen liegt den geistigen Functionen eine besondere Substanz, die Seele, zu Grunde, welche, dem Lichtäther ähnlich, zwischen den wägbaren Massen der Hirnsubstanz schwebt, und mit dieser so verkettet ist, daß ihre Veränderungen mit denjenigen der Hirnsubstanz Hand in Hand gehen, wie das auch der Physiker vom Lichtäther und den ihn umgebenden Stoffen annehmen muß. Damit aber diese Hypothese alle Erscheinungen erläutere, verlangt sie den nicht mehr naturwissenschaftlich zu rechtfertigenden Zusatz, daß der Seelenäther aus inneren Gründen (willkürlich) veränderlich sei. — Die Anhänger der zahllosen Abstufungen realistischer Weltanschauung haben sich, insofern sie sich überhaupt zur Bildung einer Vorstellung entschließen konnten, darüber geeinigt, daß die Seelenerscheinungen resultiren aus einer gewissen Summe im Hirn und Blut enthaltener Bedingungen, weil mit dem Wechsel in der Blutzusammensetzung Verstand, Empfindung und Wille kom-

auch eine besondere Seele für eine jede Function des Körpers anzunehmen, und käme so vor lauter körperlosen Seelen, die über die einzelnen Theile regierten, zu keiner Anschauung des

---

men, schwinden oder sich ändern. Wer den Schluß aus Analogieen gelten läßt und durch seine Kenntnisse befähigt ist zu gründlichen Vergleichungen der Seelenerscheinungen mit den übrigen Naturereignissen, wird, wenn er wählen müßte, nicht zweifelhaft sein, welcher von beiden Meinnngen er beistimmen soll; — wer aber einen unumstößlichen Beweis für eine der beiden Anschauungen verlangt, wird eingestehen, daß er noch nicht geliefert sei." (Ludwig, Professor in Leipzig: Physiologie des Menschen, Seite 452, Heidelberg 1853.) — Ein Dritter läßt sich also vernehmen: „Die Existenz des Nervenstroms tritt nur in zwei verschiedenen Weisen im Naturproceß auf, indem entweder der Nervenstrom in für ihn nicht leitungsfähige Elementarcombinationen einströmt, hier mechanische Kräfte auslöst und dadurch palpable Effecte hervorbringt; oder zweitens, indem er aus der ihn leitenden Neurinesubstanz nicht heraustretend, vielmehr in besonderen Nervenapparaten, welche wir Gehirn nennen, sich sammelt, und denjenigen Zustand bildet, den wir alle als Bewußtsein kennen. — — — Das Haupthinderniß, welches aber der unbefangenen und natürlichen Erklärung der Innervationsphänomene des Organismus im Wege steht, ist dies, daß wir gewisse falsche Begriffe über die sogenannten Seelenthätigkeiten mit der Muttermilch aufgesogen haben, welche falsche Begriffe uns die Seelenthätigkeit als etwas mit dem natürlichen Proceß der Welt überall nicht Zusammenhängendes, sondern als ein Ding sui generis, als etwas specifisch von der übrigen sogenannten materiellen Natur Verschiedenes darzustellen suchen. So kommt es, daß selbst ausgezeichnete Physiologen, sobald ihnen die Naturwissenschaft zeigt, daß das Gehirn das Organ der Seele eben so unabweislich ist, wie die Leber das Organ der Gallenbildung, sobald sie also bei dem Widerspruch angekommen sind, in welchen sich ihre Wissenschaft und ihre anerzogenen dogmatischen Vorstellungen befinden, nicht auf dem Wege der Wissenschaft fortschreiten, vielmehr stehen bleiben und diesen Widerspruch ein den jetzigen Hülfsmitteln der Wissenschaft noch unlösliches Problem nennen." — Dies letztere steht aber zu lesen in einem Aufsatze: Ueber die Hirnfunction, von Dr. L. Fick, P. P. O. in Marburg und ist gedruckt in dem Archive für Anatomie, Physiologie und wissenschaftliche Medicin, 1851, S. 414, herausgegeben von Joh. Müller, k. preuß. geh. Rathe und Professor in Berlin. Was mich selbst betrifft, so kann ich nur einfach hinzufügen, daß ich zwar die Behauptung aufgestellt habe, es müsse jeder Naturforscher bei folgerichtigem Denken zu solchen Schlüssen kommen; — daß ich aber niemals behauptet habe, daß es keine

Gesammtlebens. Gestalt und Stoff bedingen im Körper überall die Function, und jeder Theil, der eine eigenthümliche Zusammensetzung hat, muß auch nothwendig eine eigenthümliche Function haben.

Der Satz, daß die sogenannten Seelenthätigkeiten nur Functionen der Gehirnsubstanz sind, bildet die natürliche Basis der Phrenologie, welche außerdem auch die einzelnen Seelenthätigkeiten auf bestimmte Hirntheile zu localisiren und von der Entwickelung dieser Hirntheile auch diejenige der Seelenthätigkeiten selbst abhängig zu machen sucht. Merkwürdig erscheint es allerdings, daß gerade diejenigen Völker, welche dem Dogma, wenn auch in individueller Weise ausgebildet, die größte Anhänglichkeit zeigen, wie die Engländer und Amerikaner, sich mit Vorliebe dieser rein materialistischen Grundlage der Psychologie zugewendet haben, während in Deutschland die ursprünglich deutsche Lehre nach und nach allen Boden verloren hat. Wenn man aber auch die Ergebnisse, welche diese sogenannte Wissenschaft bis jetzt geliefert haben soll, als durchaus unbewiesen bei Seite setzen muß, so kann man doch nicht umhin, anzuerkennen, daß die Phrenologie insofern eine feste Grundlage hat, als sie von dem Satze ausgeht: daß die Qualität und Quantität der Hirntheile auch die Art und Weise unseres Denkens bestimmen müsse, daß von dieser oder jener Bildung auch diese oder jene geistigen Fähigkeiten, Triebe und Leidenschaften nothwendig abhängen müssen; daß die Handlungen der Menschen nichts Anderes sind als Resultanden, hervorgegangen aus der physischen Grundlage und aus der jeweiligen Ernährung und Umsetzung der Hirnsubstanz. In diesen Principien liegt das Wahre der Phrenologie; das Falsche,

---

Naturforscher ohne folgerichtiges Denken, keine blödsinnige oder vernagelte Menschen unter den Naturforschern gebe, und daß der jetzt freilich ruhende Streit über „Köhlerglauben und Wissenschaft", der eine zeitlang so lebhaft loderte, mich in meinen Ansichten, sowohl über die Gehirnfunctionen, wie über die Natur vieler Naturforscher, nur um so mehr gefestigt hat.

Unerwiesene, auf unwissenschaftlichem Boden Aufgeführte liegt in der Anwendung dieser Principien im practischen Felde.

Die Gall'sche, von vielen Anderen später theils modificirte, theils erweiterte Phrenologie bezeichnete willkürlich Regionen am Kopfe, welche die Localisation der einzelnen Fähigkeiten im Gehirne anzeigen sollten. Ein solcher Kopf, auf dem in niedlichen Feldern Muth, Diebssinn, Ortssinn und noch etwa fünfzig andere Sinne verzeichnet sind, nimmt sich gar nett und anschaulich aus. Stand eine bezeichnete Region auf irgend einem Schädel als Hügel oder Vorsprung vor, so hatte der Mensch die dort logirte Fähigkeit in hohem Grade entwickelt besessen; war die Gegend abgeflacht oder vertieft, so war besagte Fähigkeit entweder gar nicht oder nur schwach entwickelt. Schon diese Ansicht, daß der Schädel in seinen äußeren Umrissen genau die inneren Verhältnisse nachahme und somit die Conformation des Schädels auch diejenige des Gehirnes zeige; schon diese Ansicht ist durchaus unhaltbar. Der Schädel ist keine Schachtel, die in allen ihren Theilen gleichförmig dick ist; er hat bestimmte Stellen, wo er dünner, andere, wo er dicker ist, und die Verhältnisse seiner Dicke an verschiedenen Stellen schwanken in ziemlich weiten Grenzen. Bei dem Einen ist die Stirn dicker als das Hinterhaupt, bei dem Andern findet das Umgekehrte statt, und man braucht nur den ersten besten in verschiedenen Richtungen zersägten Schädel zu betrachten, um sich zu überzeugen, daß die äußeren Umrisse durchaus noch nicht diejenigen der inneren Höhlung wiederholen, sondern daß nur im Großen Aehnlichkeit stattfindet.

Wäre demnach auch die Localisation der einzelnen Fähigkeiten in den verschiedenen Gehirnstellen so, wie die Phrenologie sie annimmt, so würde es dennoch unmöglich sein, dieselben an dem äußeren Schädel auszutasten, eben weil dieser kein Abklatsch der Gehirnoberfläche ist. Leider aber ist diese Localisation nur eine Reihe von Glaubensartikeln, die, wie jeder Glaube, auf keinem factischen Beweise beruhen. Der musikalische Sinn wurde an diese oder jene Stelle gesetzt, weil es zur Zeit Gall's zu-

fällig einen mit ihm befreundeten Musiker gab, dessen Schädel an der auserſehenen Stelle einen Höcker hatte; der Zerstörungstrieb wurde einem berühmten Mörder abgetastet, und was all' der sogenannten Erfahrungen mehr sind. Die oberflächlichen Gehirnwunden, wobei oft bedeutende Mengen von Gehirnsubstanz verloren wurden, ohne sichtlichen Erfolg auf die Geistesfähigkeiten, so wie die oben angeführten Versuche, wonach beträchtliche Gehirnwunden nur allgemeine Schwächung der Function, nicht aber specielle Aufhebung einzelner Functionen herbeiführen, beweisen im Gegentheil, daß eine solche ängstliche Localisation der Geistesfähigkeiten in den Gewölbtheilen des Gehirnes durchaus nicht vorhanden ist, sondern daß hier allgemeinere Bedingungen vorwalten, deren Verhältnisse wir noch nicht zu bestimmen im Stande sind.

Die Functionen der Centraltheile des Nervensystemes sind überall in der ganzen Thierreihe an eine gewisse Periodicität gebunden, deren abwechselnde Zustände man mit dem Ausdrucke Schlafen und Wachen bezeichnet. Ich habe nie einsehen können, warum man nur dem Menschen, den Säugethieren und den Vögeln den wahren Schlaf will zukommen lassen und die übrigen Thiere schlaflos umherjagt. Die meisten Reptilien ruhen eine große Zeit des Tages über; daß die Eidechsen, die Krokodile in der Sonne schlafen, weiß Jeder, der solche Thiere beobachtet hat; Fische fängt man im Schlafe mit den Händen; Mollusken, Krebse und andere Gliederthiere gehen meist nur des Nachts auf Nahrung aus und schlafen bei Tage. Die Zeit thut hier nichts zur Sache — ist die Eule etwa schlaflos, weil sie bei Nacht fliegt? Wenn diejenigen Thiere, welche den Meeresstrand bewohnen, beim Ablauf der Ebbe ihre Gehäuse schließen, sich einrollen und tief zurückziehen, um unbeweglich die Rückkehr der Fluth zu erwarten, glaubt man, daß sie dann wachen und philosophische Betrachtungen über den Einfluß des Mondes auf die Bewegung des Wassers anstellen? Ich weiß nicht, wie man diese und viele andere Erscheinungen bisher aufgefaßt hat; aber so viel weiß ich, daß mir noch kein Thier vorgekommen ist, bei

welchem man nicht abwechselnde Zustände hätte beobachten können, die mit Wachen und Schlafen übereinkommen.

Die Erscheinungen des Schlafes sind einem Jeden bekannt; das Sandmännchen in den Augen, das Gähnen, das Suchen nach Ruhe und bequemer Lage, die allmähliche Abschließung gegen die äußeren Eindrücke sind zu oft von uns allen erfahren worden, als daß man daran zu erinnern brauchte. Ein Jeder weiß auch, daß lebhafte Sinnenreize länger wach erhalten, daß öfteres Bespritzen mit kaltem Wasser, grelles Licht, rauschende Musik am Einschlafen hindern, während ruhige Weisen, gleichförmiges Rauschen eines Wasserfalles, Murmeln eines Baches, vor allem aber langweilige monotone Unterhaltungen oder speculativ-philosophische Bücher unwiderstehlich einschläfern. Indeß giebt es auch Erscheinungen, die meist dem Schlafe vorangehen, und welche von den meisten Menschen unbeachtet gelassen werden, da sie weniger in die äußere Beachtung treten. Man sieht unbestimmte verwaschene Punkte vor den geschlossenen Augen, Nebel, leuchtende Punkte, hellere Massen, die vor dem Gesichtskreise umhergaukeln, deren Spiel den Schlaf immer mehr herbeiführt und deren Beachtung viel Selbstüberwindung und Reflexion kostet.

Im Schlafe selbst gehen alle Functionen des vegetativen Lebens ungestört vor sich; nur tritt offenbar eine gewisse Abspannung und daherige größere Langsamkeit der Bewegungen ein. Das Herz schlägt ruhiger; die Athemzüge werden langsamer und tiefer; die Bewegungen des Darmes ohne Zweifel langsamer und die Verdauung dadurch anhaltender; — „wer schläft, der ißt", sagt ein altes Sprüchwort. Auffallender sind die Erscheinungen im animalen Leben. Das Bewußtsein ist verringert, wenn auch nicht durchaus geschwunden, und gerade durch diese Stumpfheit des Bewußtseins und den mangelnden Zusammenhang desselben mit den übrigen Thätigkeiten wird der Schlaf bedingt. Ein Schlafender hört, fühlt und sieht in materieller Hinsicht eben so gut, als ein Wachender; sein Hörnerve nimmt die Schallwellen, sein Gefühlsnerve die Schmerzensempfindung

durchaus eben so auf, wie wenn vollkommenes Wachen vorhanden wäre; aber die Vermittelung der Empfindung fehlt, und wenn sie geschieht, so erfolgt sie falsch, unrichtig, verwirrt. Ein Gleiches findet statt mit den Bewegungen. Wir ändern sehr gut im Schlafe eine unbequeme Lage; schlagen im Traume um uns; der träumende Jagdhund bewegt die Füße zum Laufen; aber die Bewegungen sind unkräftig, unbestimmt, eben so unsicher und ungeregelt, wie die Empfindungen.

Daß die Empfindungen im Schlafe durchaus in ihrer ganzen Intensität von den Nerven empfangen, nicht aber von dem Bewußtsein eben so aufgefaßt werden, geht aus den vielfachsten Erscheinungen hervor. Das leiseste ungewohnte Geräusch kann erwecken, während starke Töne, an welche man gewohnt ist, den Schlaf ungestört lassen. Jeder Lärmen, der anfangs wach erhielt und den Schlummer störte, wird endlich durch die Gewohnheit unschädlich. Die Empfindungen werden aber durch das phantastische Spiel der Seele, das wir als Traum bezeichnen, nicht in ihrer Realität, sondern in Verbindung mit Vorstellungen aufgefaßt, welche unser Gehirn daran knüpft. Auf diese Weise werden äußere wie innere Empfindungen vertauscht, in seltsame Geschichten und Romane verwoben, welche sich meist auf bestimmte Erlebnisse beziehen, oder auf Vorstellungen, mit welchen man sich vor längerer oder kürzerer Zeit beschäftigt hat. Jeder weiß wohl aus seiner eigenen Erfahrung, wie folgerecht oft der Traum einzelne Theile seines Gespinnstes abwickelt, um endlich zu der Conception der Empfindung selbst zu gelangen; wie er diese gleichsam einleitet, erklärt, begreiflich macht und ihr später eine Nachrede hält. Ich weiß aus eigener Erinnerung, daß ich viel träumte, als ich noch ein böser Junge war und mehr Ritterromane las und Bier trank, als meiner Phantasie und meinem Körper zusagte. Ich träumte viel von Schlachten und Kämpfen, kühnen Angriffen und klugen Rückzügen, und meist endete der Traum dahin, daß ich allein noch übrig blieb, mich in ein einsam stehendes Haus rettete und dort in ein Bette kroch, in dem ich still und regungslos liegen blieb. Oft entschlüpfte ich so;

zuweilen aber entdeckte der Feind mich und ich wurde ermordet. Ich fühlte den Dolch in der Wunde, fühlte, wie mein warmes Herzblut über mich hinabrieselte — beim Erwachen fand ich das Bette durchnäßt. Kein Zweifel, daß das ungewohnte Getränk den Blasenhals reizte und das träumende Gehirn das Bedürfniß zum Uriniren in einen Roman verwob, dessen Ausgang manchmal meine Backe zahlen mußte.

Wenn indeß die meisten Träume sich in dieser Art an innere oder äußere Empfindungen knüpfen mögen, so ist doch nicht zu läugnen, daß es Traumvorstellungen giebt, die unabhängig hiervon, vielleicht von besonderen Verhältnissen des Gehirnbaues abhängen, und die immer wiederkehren, welches auch der Gegenstand sei, mit dem man sich geistig oder körperlich beschäftigt hat. Solche in unbestimmten Zeiträumen immer wiederkehrenden Traumvorstellungen werden öfter lästig, schon ihrer steten Gleichheit wegen, und sie haben das Eigenthümliche, daß man sich ihrer erinnert, wenn man auch die Erinnerung an alle andere Träume verloren hat. Ich bin bei mir selbst auf diese Erscheinungen aufmerksam geworden, und habe bis jetzt vielleicht nur ein Paar meiner Bekannten getroffen, welche nicht ähnliche, gleichsam fixe Traumvorstellungen haben, von denen sie von Zeit zu Zeit heimgesucht werden. Bei Keinem sind es dieselben, wie bei einem Andern; bei mir selbst reduciren sie sich auf zwei besondere Vorstellungsreihen. Den Grund der einen derselben habe ich finden können; er beruht in Kopfcongestionen. Bei heftigeren Anfällen von solchem Blutandrang nach dem Kopfe tritt selbst der Traum im vollkommenen Wachen ein. Es scheint mir, als würde mein Kopf zu eng; er klappt oben auf wie eine Fallthüre und das Innere wulstet sich hervor, quillt nach allen Seiten über, bläht sich auf und verliert sich in nebelgrauer Ferne. Die andere fixe Vorstellung auf einen körperlichen Zustand zurückzuführen ist mir bis jetzt unmöglich gewesen; sie besteht, wenn ich mich so ausdrücken darf, in einer Anschauung der Unendlichkeit. Eine Bahn, einer Kegelbahn ähnlich, streckt sich vor meinen Augen aus; eine Kugel wird darauf hingeschoben, von Gestalten, deren

Umrisse ich bei größter Anstrengung nie fixiren kann. Im Rollen vergrößert sich die Kugel, wächst und dehnt sich ins Unendliche, und wenn ich schon lange sie nicht mehr als Kugel sehe, so habe ich immer noch das Gefühl des Rollens und Wachsens.

Aus der Analyse solcher Vorstellungen, die bei Gesunden nur im Traume auftreten, wird es klar, wie gewisse Organisationsfehler, in deren Gefolge diese Vorstellungen auftreten, als fixe Ideen, als Narrheit und Tollheit im kranken Zustande sich gestalten können. Es zeigen aber auch diese Beispiele, wie sehr leicht materiell krankhafte Verhältnisse unseres Körpers auf den Seelenzustand einen wesentlichen Einfluß ausüben müssen und wie dieser am Ende nur der Reflex dieser materiellen Veränderungen ist. Die falsche Vorstellung, welche der Traum im Schlafe vorführt, tritt in das Wachen über, sobald die abnorme Thätigkeit der Gehirnes überwiegt, und so wie der Amputirte auch bei der besten Ueberzeugung vom Verluste seines Fußes dennoch das Gefühl der Existenz desselben hat und im Anfange nach der Operation denselben beständig fühlt, so kann der Wahnsinnige die vollständige Ueberzeugung von der Unrichtigkeit seiner Vorstellung haben und dennoch von derselben nicht lassen, bis sie ihn endlich übermannt. Wir sahen schon, daß zwischen den unbewußten und doch zweckmäßigen Reflexerscheinungen und den bewußten, dem Willen unterworfenen Handlungen keine sichere Grenze sich ziehen läßt. Bewußtsein und Wille können Gebiete betreten und verlassen je nach gewissen uns noch unbekannten inneren Motiven. Ich kratze mich vollkommen unbewußt und automatisch an einer Stelle, die mich juckt; ich kann mich aber, wenn ich will, auch kratzen, wenn mich nicht juckt und kann trotz heftigen Juckens das Kratzen sein lassen, wenn ich meinen Willen concentrire. Ganz in ähnlicher Weise geht es mit der Kritik der Vorstellungen, welche mein Gehirn ausarbeitet, der Eindrücke, die es empfängt. Die Grenze, bis zu welcher diese Kritik geht, wechselt in gesundem Zustande auf weite Strecken hin und kann in der Krankheit gänzlich verschoben werden. Die Vorstellung eines Sinneseindruckes kann diesen selbst so vollkommen ersetzen, daß sie zur subjectiven

Realität wird. „Die Haut schaudert uns, die Haare stehen uns zu Berge“ bei einer Erzählung, welche uns die Vorstellung einer Gräuelthat erweckt und so körperlich bei uns denselben Reflex erzeugt, den die Ansicht der That erzeugen würde. Wo die Kritik dieser subjectiven Vorstellungen, seien sie nun von Außen gebracht oder durch abnorme innere Thätigkeit erzeugt, aufhört, da fängt die Hallucination an, welche Vorstellungen als Realitäten auffaßt.

Es wird aber unter solchen Umständen auch klar, wie der materielle Grund zum Wahnsinn nicht nur im Gehirne, sondern auch in anderen Körpertheilen liegen kann. Eine Empfindung die wie alle von den Eingeweiden ausgehenden Empfindungen nur unklar von dem Bewußtsein aufgefaßt wird, kann allmählich überwiegend einwirken, und so Vorstellungen erzeugen, die mit dem richtigen Gedankengange unvereinbar sind. Man braucht hier nur an eine bekannte Erscheinung, an das Alpdrücken, zu erinnern. Es ist eine Beklemmung, die sich bis zur furchtbarsten Athemnoth steigern kann — ein krampfhaftes Leiden, das häufig mit Verdauungsbeschwerden zusammenhängt, meist Schlafende überfällt und mit einem Aufschrei gelöst wird. Den Einen scheint ein Gewicht die Brust einzudrücken — bei Anderen aber wird der krankhafte Eindruck zur Vorstellung einer Gestalt, eines widrigen Zwerges, eines Scheusals, und gar Manche sind bereit, einen körperlichen Eid darauf abzulegen, daß sie in vollem Wachen das Gespenst sahen, wie es allmählich, als sie sich erhoben, von ihnen abglitt und in Nebel zerfloß. Ein Schritt weiter und die auf solche Weise erzeugten Vorstellungen gewinnen die Oberhand. Mein Freund Greßly, ein bekannter Geologe, der im Irrenhause starb, legte mir selbst den Gang seiner Hallucinationen vor. Die versteinerten Ungethüme, mit denen er sich vielfach beschäftigt hatte, stürmten als Teufelsgestalten auf ihn ein. „Ich komme mir vor“, sagte er zu mir in seiner kernigen Sprache, „ich komme mir vor, wie der Säu-Antony! (der heilige Antonius mit dem Schwein). Eine Zeitlang weiß ich sehr wohl, daß alle diese Saurier nur fossil existiren und manchmal kann ich es auch

dahin bringen, daß diese Ueberzeugung die Oberhand gewinnt; häufig aber gelingt mir das nicht, und dann fallen sie über mich her und sind wirklich lebendig!"

Bei allen diesen Erscheinungen dürfen wir niemals vergessen, daß wir, trotz aller Erkenntniß der materiellen Grundlage sämmtlicher Gehirnfunctionen, dennoch stets auf ein dunkles Gebiet eintreten, sobald wir die einzelnen Erscheinungen näher analysiren wollen. Wie schon oben bemerkt, liegt der Grund der mangelhaften Analyse in der unvollständigen Kenntniß des feineren anatomischen Baues der Centralorgane. Der Schlaf zeigt uns, daß die verschiedenen Brücken, welche von den peripherischen Nerven bis zu dem Bewußtsein hinleiten, selbst bei geregelter Fortdauer der vegetativen Lebenserscheinungen auf kürzere oder längere Zeit bei normalen Gesundheitszuständen abgebrochen werden können; — die abnormen Stimmungs- und Erregungszustände des centralen Nervensystemes führen noch zu ferneren Schlüssen, wonach die verschiedenen Apparate bald für sich vereinzelt, bald in abnormer Verbindung in Function treten können. Die Empirie geht unter solchen Umständen meist der Wissenschaft voraus, indem sie Thatsachen zeigt, deren Gründe vor der Hand, bei mangelhafter Kenntniß, noch nicht darlegbar sind und deren Erklärung meist sich von selbst ergiebt, sobald die Grundlagen der Erkenntniß hergestellt sind.

Ich will hier auf den sogenannten thierischen Magnetismus hindeuten. Die Erklärungen, welche man von dieser „Nachtseite der Natur" zu geben versucht hat, die Beziehungen, welche man in den beobachteten Erscheinungen zu Electricität und Magnetismus zu finden geglaubt hat, können nicht vor dem Richterstuhle der einfachsten physikalischen Kritik bestehen; die Abgeschmacktheiten, Lügen und Thorheiten, womit man diese Dinge verbrämt hat, erklären hinlänglich den Widerwillen solcher Beobachter, welche vor jedem Beginne einer Untersuchung einen festen Boden verlangen, von dem aus sie zu Resultaten gelangen können. Dazu kommt die Abneigung, sich mit abgefeimten, verschmitzten Betrügern und Betrügerinnen abzugeben. Alles dies hindert

aber nicht, anzuerkennen, daß Thatsachen vorliegen, welche nachweisen : daß eigenthümliche Zustände im centralen Nervensystem theils durch den eigenen Willen, theils durch besondere Manipulationen Anderer, theils endlich durch krankhafte Ursachen erzeugt werden können, in welchen in einzelnen Sphären der Nervenfunctionen wie im gesammten Kreise derselben Effecte eintreten, ähnlich denen, welche durch Schlaf, Chloroform, Curare oder Strychnin erzeugt werden. Oben wiesen wir darauf hin, wie erhöhte Nervenreizbarkeit Sinnesempfindungen wahrnehmen lassen kann, die bei gewöhnlicher Stimmung nicht wahrnehmbar sind. Eine große Menge der sogenannten magnetischen Erscheinungen beruht auf dieser erhöhten Reizbarkeit. Anderseits können Erscheinungen hervorgerufen werden, wie die Catalepsie, die Lähmung einzelner Körpertheile, die Empfindungslosigkeit, welche beweisen, daß gewisse Hirntheile außer Stande sind, ihre normale Function zu verrichten. Der Stoicismus eines Mädchens, welches von sich sprechen machen will, kann freilich weit gehen — die Geschichte der Medicin hat Beispiele genug der scheußlichsten Selbstqualen, welche solche Geschöpfe sich anthaten, um einen Leichtgläubigen förmlich zum Narren zu haben —; aber diese Herrschaft des Willens über den Schmerz kann nicht so weit gehen, reflectorische, dem Willen nicht unterworfene Bewegungen einzuhalten. Und doch kann man bei Magnetisirten beobachten, daß das weit geöffnete Auge unempfindlich gegen das Licht ist und die Pupille selbst beim plötzlichen Annähern einer Kerze unbewegt stehen bleibt. Hier müssen diejenigen Hirntheile, welche die Ueberleitung der Lichtempfindung zu den bewegenden Fasern der Regenbogenhaut vermitteln, temporär gelähmt sein — außer Stande, ihre Function zu üben. Wie dieser Effect und so mancher andere zu Stande kommt, ist uns freilich noch ein Räthsel.

— — —

Vierzehnter Brief.

Das Auge.

Das zusammengesetzteste Instrument des Körpers ohne Zweifel ist das Auge, durch dessen Thätigkeit das Sehen vermittelt wird. Ehe wir auf die Gesetze, welche in diesem denkwürdigen Apparate ihr Anwendung finden, näher eingehen, wird es nöthig sein, die anatomische Structur desselben übersichtlich zu beleuchten (s. Fig. 54, S. 368).

Der Augapfel an sich ist eine hohle, kugelförmige Blase, aus mehreren, zwiebelförmig über einander gelagerten Schichten von Häuten bestehend, in deren Innerem bestimmte, mehr oder minder flüssige durchsichtige Materien abgelagert sind. Abgesehen von den Schutz- und den Bewegungsapparaten, welche an dieser Kugel angebracht sind, zeigen sich daran folgende, besonders wichtige Theile. Zuerst eine äußere, schalenartige Hülle, deren hinterer Theil weiß, fest und undurchsichtig ist, während ein vorderes, kleineres Segment eine pralle, wasserklare, durchaus durchsichtige Haut darstellt, die man mit dem Namen der Hornhaut belegt und deren innere Fläche mit einer zarten, glasartig structurlosen Haut, der Wrisberg'schen, Descemet'schen oder Demours'schen Haut, ausgekleidet ist, während ihre vordere

Fläche von der durchsichtigen Fortsetzung der Bindehaut des Auges überzogen wird. Die hintere weiße Haut, deren vordere Partie das Weiße des Auges bildet, zeigt die Form eines stark gekrümmten Bechers mit enger Oeffnung, etwa wie ein Römerglas, auf welchem dann die durchsichtige Hornhaut aufgesetzt ist, welche eine weit stärkere Wölbung hat und demnach einem kleineren Krümmungsradius angehört, als die weiße Haut.

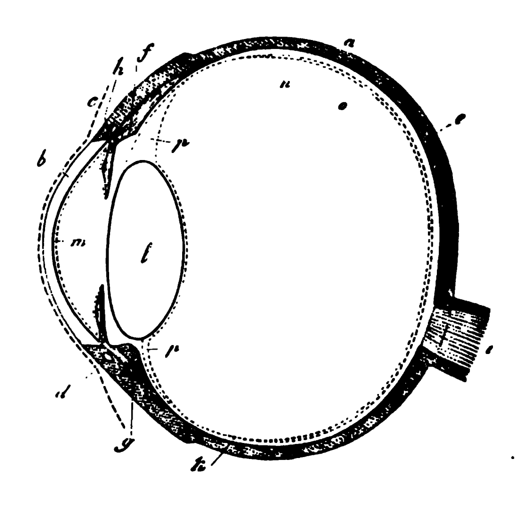


Fig. 54.

Querschnitt des Auges in vergrößertem Maßstabe. a. Die weiße Haut, Sclerotica. b. Die Hornhaut, Cornea. c. Die Lamelle der Bindehaut, Conjunctiva, welche die äußere Fläche der Hornhaut überzieht. d. Kreisvene der Iris, circulus venosus iridis. e. Aderhaut, Choroïdea, mit ihrer Pigmentschicht. f. Ciliarmuskel. g. Ciliarfortsätze, Processus ciliares. h. Regenbogenhaut, Iris. In der Mitte die Pupille. i. Der Sehnerve, nervus opticus. k. Endrand der Netzhaut, ora serrata retinae. l. Krystalllinse, von der Linsenkapsel umgeben. m. Innere Auskleidung der Hornhaut, membrana Descemetii und vordere Augenkammer. n. Grenzschicht der Netzhaut, membrana limitans retinae. o. Glashaut, den Glaskörper (corpus vitreum) einschließend. p. Petit'scher Kanal.

Die ganze innere Fläche der weißen Augenhaut ist von einer sammtartigen, tief schwarzen Membran, schwarze Augenhaut, auch Aderhaut oder Choroïdea genannt, ausgekleidet, welche eine große Menge von Blutgefäßen enthält und ihre Schwärze einem besonderen kohlenartigen Farbstoffe verdankt, der in eigenthümlichen Zellen abgelagert ist, und bei manchen Menschen, den s. g. Kakerlaken oder Albino's, den weißen Mäusen und Kaninchen, fehlt, wo dann statt der schwarzen Farbe des Sehloches, die man bei gesunden Augen sieht, eine röthliche Tinte, durch die zahlreichen Blutgefäße der Aderhaut bedingt, aus dem Grunde des Auges hervorschimmert. An dem vorderen Rande der Sclerotica wird die Aderhaut durch einen muskulösen Streifen, den Ciliarmuskel, mit ihrer äußeren Fläche fester an die weiße Haut geheftet. Nach innen zu setzt sie sich in den Strahlenkörper, Corpus ciliare, fort, ein breiter Faltenkranz, der fest auf dem Rande der Linse und des Glaskörpers aufliegt, mit seinem inneren Rande in die hintere Augenkammer hineinragt und so die Ciliarfortsätze bildet, welche sich zwischen die hintere Fläche der Regenbogenhaut und die vordere der Linse einschieben. Die Regenbogenhaut oder Iris ist ebenfalls eine Fortsetzung des Aderhaut nach innen zu, und bildet im Auge einen senkrechten Vorhang, der hinter der Hornhaut etwa in ähnlicher Weise angebracht ist, wie das Zifferblatt hinter dem Uhrglase. In der Mitte besitzt dieser bewegliche Vorhang ein kreisrundes, schwarz aussehendes Loch, das Sehloch oder die Pupille, das bei grellem Lichte sich zusammenzieht, in der Dunkelheit sich ausdehnt. Die Farbe der Augen hängt von dem Pigmente ab, welches auf der vorderen Fläche der Iris abgelagert ist und das bald mehr grau, blau, oder braun ist; — die hintere Fläche ist stark mit schwarzem Farbstoff belegt. Die Aderhaut mit der Iris und den hinter derselben gelegenen Ciliarfortsätzen bildet demnach die zweite Schalenhaut der Zwiebel. Im hinteren Augenraume liegt sie hart an der weißen Augenhaut an; vorne aber findet sich zwischen der kreisförmig gekrümmten Hornhaut und dem senkrecht aufgehängten Vorhange der Iris ein halblinsen-

förmiger Raum, der durch eine wässerige Flüssigkeit erfüllt ist und die vordere Augenkammer heißt.

Die schwarze wie die weiße Augenhaut werden an ihrer hinteren Fläche von dem Sehnerven durchbohrt, welcher im Inneren des Auges sich in Form einer fast durchsichtigen, gräulich gefärbten, sehr zarten Haut ausbreitet, welche die Netzhaut genannt wird. Die Eintrittsstelle des Sehnerven liegt nicht genau dem Sehloche gegenüber, sondern etwas nach innen; in der Augenaxe selbst, die man horizontal durch die Mitte des Sehloches legt, findet sich ein eigenthümlicher gelber Fleck auf der Netzhaut, der nur bei dem Menschen und einigen Affen angetroffen wird. Die Netzhaut kleidet die ganze innere Fläche der Aderhaut aus, sie geht vornen bis an die Gegend des vorderen Randes derselben und endet an dem hinteren Rande der Ciliarfalten mit einem wellenförmigen Rande. Die drei zwiebelartig über einander gelegten Häute, welche den Augapfel bilden, sind demnach um so kürzer und um so weiter nach vorne offen, als sie mehr nach innen liegen; — weiße Augenhaut und Hornhaut bilden ein vollkommen geschlossenes Rund; Aderhaut und Iris zeigen eine kleinere mittlere Oeffnung, das Sehloch; die Netzhaut endlich bildet eine Art nach vorn offenen Bechers.

Das Innere des Augapfels ist, wie schon oben bemerkt, von mehreren flüssigen Theilen erfüllt, welche die eigenthümliche Prallheit dieses Organes bedingen. In der vorderen und hinteren Augenkammer, zwischen der Regenbogenhaut und der Hornhaut einerseits und der Linsenkapsel anderseits, findet sich eine klare Flüssigkeit, die fast reines Wasser ist, das nur wenige Bestandtheile aufgelöst enthält. Beim Anstechen der Hornhaut, was bei Operationen am Auge nicht selten geschieht, spritzt diese Flüssigkeit oft im Strahle hervor. Sie erneuert sich sehr rasch und ihr Verlust ist durchaus von keiner Bedeutung, eben dieser schnellen und leichten Erneuerung wegen. Hinter dem Sehloche und fast unmittelbar an die hintere Fläche der Regenbogenhaut angelegt, von der sie nur durch den kleinen Raum der hinteren Augenkammer getrennt ist, findet sich die Krystalllinse, ein

aus blätterigen Schichten gebildeter Körper, dessen vordere Fläche etwas abgeplattet, die hintere aber stark gekrümmt ist, und der in seinen äußeren Schichten eine breiige Consistenz besitzt, während der innere Kern ziemlich fest ist. Die gesunde Linse ist außerordentlich klar, hell und durchsichtig; die sie bildenden blätterigen Schichten sind ihrerseits wieder aus feinen langen, platten, faserartigen Röhren zusammengesetzt, den sogenannten Linsenfasern, die eine besondere dickflüssige, eiweißartige Substanz enthalten. Die ganze Linse ist ringsum von einer feinen, glasartigen, structurlosen Kapselhaut, der Linsenkapsel, umschlossen, und liegt mit ihrer hinteren Fläche in einer tellerförmigen Grube des Glaskörpers, einer eiweißartigen, gelatinösen Flüssigkeit, welche den ganzen hinteren Augenraum ausfüllt, überall unmittelbar von der Netzhaut umschlossen wird und eine eigene Hülle, die Glashaut, besitzt, die wahrscheinlich zellenartige Räume bildet, in welchen die Flüssigkeit angesammelt ist.

Die wesentlichen Theile des Augapfels theilen sich demnach in zwei Hauptklassen: einerseits durchsichtige, mehr oder minder flüssige Medien, durch welche die Lichtstrahlen bis zum Hintergrunde des Auges gelangen können, und anderseits hautartige Ausbreitungen mit sehr verschiedenen Eigenschaften, die wir näher analysiren werden.

Wichtig für die Function des Gesichtes erscheinen die verschiedenen Apparate, welche in der Umgebung des Augapfels angebracht sind, und theils zu seinem Schutze, theils zu seiner Bewegung dienen. Sechs Muskeln bedingen durch ihre Zusammenziehungen nicht nur die Bewegungen nach oben und unten, rechts und links, sondern auch die Drehungen des Auges um seine Axe, das Rollen desselben nach außen und innen; eine ziemlich bedeutende, tief in der Augenhöhle gelegene Drüse, die Thränendrüse, erhält durch die von ihr gelieferte allbekannte Absonderung die äußere Fläche des Augapfels in einem beständigen Zustande von Feuchtigkeit; zwei bewegliche, undurchsichtige Vorhänge, die Augenlider, öffnen und schließen sich vor dem Augapfel, um, je nach dem Willen und dem Bedürfnisse des

Individuums, dem Lichte Zutritt zu gestatten, oder dasselbe abzuhalten; eine äußerst feine Schleimhaut, die sogenannte Bindehaut oder Conjunctiva, kleidet die Augenlider auf ihrer inneren Fläche aus und setzt dann auf die vordere Fläche des Augapfels über, die sie vollkommen überzieht, indem sie auf der Hornhautfläche selbst durchsichtig wird. In dieser Bindehaut verlaufen die feinen Gefäßchen, die man auf der Oberfläche des menschlichen Augapfels sieht. Ihre stets glatte, schlüpfrige Oberfläche gestattet das Gleiten der Augenlider über den Augapfel und das Drehen des Augapfels nach allen Richtungen hin. Diese Bindehaut ist äußerst empfindlich; wie wir gesehen haben, finden sich an ihr eigenthümliche Endkörperchen der Tastnerven, die Krause'schen Endkolben; fremde Körper mit scharfen Ecken namentlich verursachen deshalb so heftige Schmerzen, wenn sie zwischen die Augenlider gelangen. An dem inneren Augenwinkel, wo die Bindehaut in die Haut der Lider und der Nase übergeht, befinden sich die Thränenpunkte, kleine Oeffnungen, durch welche die Thränenflüssigkeit beständig in den Thränensack und den Thränengang abläuft, der die Nasenknochen durchbohrt und in die Nasenhöhle selbst sich öffnet. An dem unteren Ende dieses Ganges befindet sich eine Klappe so gestellt, daß die Thränen beständig nach der Nase abfließen, Flüssigkeiten aber auf dem umgekehrten Wege nicht nach dem Auge aufsteigen können. Es giebt Menschen, bei welchen diese Klappe weniger genau schließt, so daß sie Luft oder Tabaksdampf bei geschlossener Nase aus dem am unteren Augenlide befindlichen Thränenpunkte hervortreiben können. Noch häufiger sind krankhafte Verschließungen der Thränengänge, sogenannte Thränenfisteln, in Folge deren die Thränenflüssigkeit beständig, wie bei dem Weinen, über die Backen herüberfließt und meistens die Wangenhaut selbst angreift und Schorfe darauf erzeugt.

Der wesentlich empfindende Theil des Auges ist die Netzhaut (Fig. 55), deren Structur trotz ihrer Dünne und Durchsichtigkeit eine äußerst complicirte ist. Der Sehnerv, welcher in einiger Entfernung von der Augenaxe nach innen zu die beiden äußeren Augen-

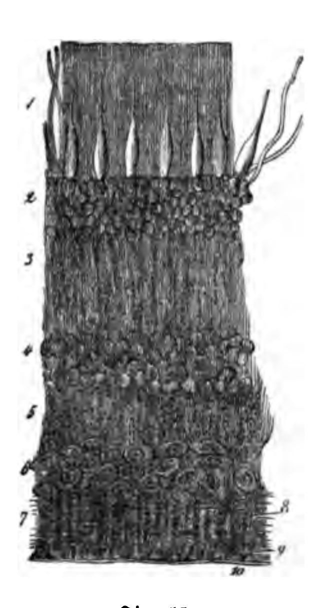


Fig. 55.

Die Netzhaut des Menschen in einiger Entfernung vom Eintritte des Sehnerven senkrecht durchschnitten. 1. Stäbchen- und Zapfenschicht. 2. Aeußere Körnerschicht. 3. Zwischenlage. 4. Innere Körnerschicht. 5. Molecularschicht. 6. Ganglienschicht. 7. Faserschicht. 8. Stützfasern in dieser Schicht. 9. Anheftung der Stützfasern an der inneren Begrenzungshaut 10.

häute durchbricht, um sich dann in der Netzhaut auszubreiten, bildet mit seinen Fasern nur eine Schicht der Netzhaut, die am weitesten nach innen, unmittelbar an der Begrenzungsschicht gegen den Glaskörper hin ausgebreitet ist. Das ganze Gewebe der Netzhaut wird von einem Gerüste senkrechter zackiger Fasern aus Bindegewebe getragen, welches früher nur in den inneren Lagen bekannt war und nur sehr schwer zur Anschauung gebracht werden kann. Dasselbe ist ausgespült und isolirt in Fig. 56, A dargestellt, während in Fig. B die nervösen Elemente ebenfalls schematisch dargestellt wurden, welche zwischen diesem Gerüste aus Bindesubstanz eingewebt sind.

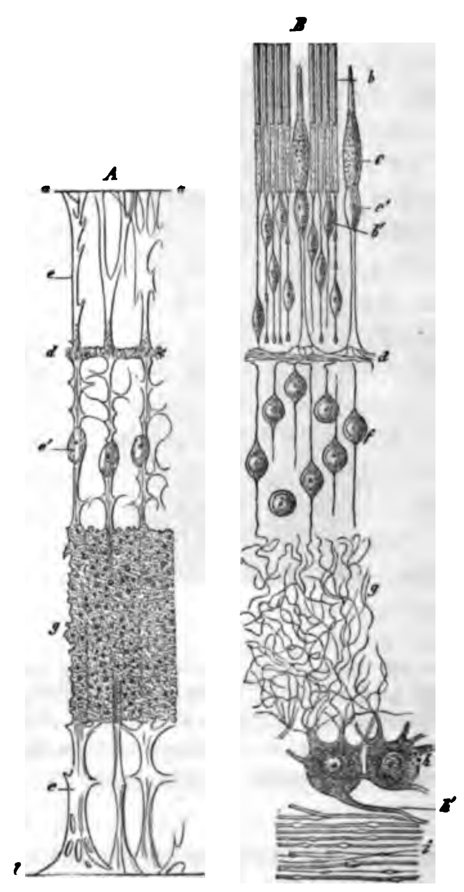


Fig. 56.

A. Darstellung des isolirten Gerüstes aus Bindegewebsfasern. a. Die höchst feine äußere Begrenzungshaut, welche die Stäbchenschicht von den übrigen Schichten der Netzhaut trennt. e. Senkrechte Stützfasern mit seitlichen Fortsätzen und Lücken und eingelagerten Kernen, die besonders in den inneren Schichten (6 u. 7, Fig. 55) sehr deutlich und dicker sind. d. Gerüstfasern der Zwischenschicht (3, Fig. 55). g. Gerüstfasern der Molecularschicht (5, Fig. 55).

B. Darstellung der Nervenelemente. b. Stäbchen mit äußeren Körnern (b'). c. Zapfen mit ihren Körnern (c'). d. Zwischenlage mit feinsten Fasernetzen (3, Fig. 55). f. Innere Körnerschicht (4, Fig. 55). g. Gewirr feinster Fasern in der Molecularschicht (5, Fig. 55). h. Ganglienzellen. h'. Nervenfortsätze derselben. i. Fasern des Sehnerven.

Man unterscheidet jetzt an der Netzhaut verschiedene Schichten, die sich von außen nach innen in folgender Ordnung übereinander lagern. Am weitesten nach Außen und in unmittelbarer Berührung mit der Aderhaut stehen pallisadenartig an einander gereiht helle durchsichtige Cylinder, die sogenannten Stäbchen, deren abgestutztes Ende der Aderhaut zugewendet ist, während sie nach innen, in die Netzhaut hinein, in einen langen Faden auslaufen, der äußerst leicht abbricht, wie denn überhaupt diese Fädchen wie die Stäbchen höchst empfindlich gegen Einwirkungen mechanischer, wie chemischer Art sind. Zuweilen findet sich schon an dem inneren Ende des Stäbchens ein Korn; gewöhnlich aber ist ein solches erst in dem Verlaufe des Fadens selbst eingebettet. Zwischen den Stäbchen stehen die sogenannten Zapfen, die weit dicker als die Stäbchen sind und an ihrem inneren angeschwollenen Ende gewöhnlich eine kleine Zelle tragen, welche, wie das Stäbchen, in einen feinen Faden ausläuft. Da die Netzhaut eine becherförmige Halbkugelgestalt hat, alle von den Stäbchen und Zäpfchen ausgehenden Fasern sie aber anfangs senkrecht durchsetzen, so folgt aus dieser Anordnung, daß alle diese Fasern wie Halbmesser der Hohlkugel gestellt sind. Stäbchen und Zapfen haben noch weitere Eigenthümlichkeiten des Bau's erkennen lassen. Ihr Außenglied scheint aus höchst feinen Fasern zusammengesetzt; auf den Zapfen läßt sich nach Außen hin ein Endstück erkennen, welches aus kleinen queren, aufeinandergesetzten Plättchen besteht, in welche auch Stäbchen und Zapfen bei geeigneter Behandlung zerfallen. Die Stäbchenfasern kann man bis in die Zwischenlage (3, Fig. 55; d, Fig. 56 B) verfolgen, wo sie sich in ein Gewirr aufzulösen scheinen; die Zapfenfasern theilen sich hier gewiß in ein System höchst zarter, wagerechter Fibrillen. Merkwürdig gestaltet sich das Verhältniß der Zapfen und Stäbchen zu einander. An dem gelben Flecke giebt es nur Zapfen; im Umkreise desselben sind die Zapfen von einfachen Reihenstäbchen umstellt; weiter nach vornen hin werden die Stäbchen stets häufiger, die Zapfen immer seltener.

Nach innen von der Zapfen- und Stäbchenschicht, die man auch die Jakobs'sche Haut genannt hat, findet sich die äußere Körnerschicht, mit ganz kleinen Körnern, die mit den Stäbchen und Zapfen durch die senkrechten Fasern in Verbindung stehen; die Zwischenschicht (d, Fig. 56 B), worin sich die Fasern auflösen und die innere Körnerschicht (f, Fig. 56 B) mit größeren Körnern, welche als Zellen erscheinen und ebenfalls deutlich in radial gestellten Fasern eingelagert sind. Die Lage der inneren Körner ist am mächtigsten am gelben Flecke.

Nach innen von der Körnerschicht folgt ein Gewirr feinster Fasern (g, Fig. 56 B), die einerseits mit den senkrechten Fasern der vorherigen Schicht, anderntheils mit den Fortsätzen der Ganglienkugeln in Verbindung zu stehen scheinen und dann die Lage von multipolaren geschwänzten Nervenzellen selbst (h, Fig. 56 B), ganz denen der grauen Hirnsubstanz ähnlich, nach allen Seiten hin in feine Nervenfasern auslaufend. Die Nervenfasern bilden eine Art Netz und ihre Enden treten augenscheinlich, wie man namentlich beim Elephanten gesehen hat, einerseits mit den letzten Fasern des Sehnerven, andererseits mit den Radialfasern in Verbindung.

Die Sehnervenfasern, die innerste Schicht bildend, breiten sich auf der inneren Fläche der Nervenzellenlage aus und strahlen von dem Eintrittspunkte des Sehnerven nach allen Seiten wie von einem Wirbel aus. Sie laufen also der Krümmung der Netzhaut folgend und die Radialfasern sind senkrecht gegen sie gerichtet.

Als letzte Lage endlich erscheint, unmittelbar an dem Glaskörper anliegend, eine feine, durchsichtige Begrenzungshaut, mit einer Lage von rundlichen Zellen nach innen zu gepflastert.

Au dem in der Augenaxe gelegenen gelben Flecke, dessen Farbe durch kein besonderes mikroskopisches Element, sondern durch eine tränkende Flüssigkeit bedingt scheint, finden sich nur Zapfen, keine Stäbchen, so wie durchaus keine Sehnervenfasern, während dagegen die Zwischenkörner und inneren Körner, so wie die Lage der Ganglienzellen hier am mächtigsten entwickelt ist

und man deutlich sehen kann, wie aus der Umgebung die Sehnervenfasern in den Ausläufern der Ganglienzellen verschwinden. Da nun gerade an dieser Stelle, die durch die Verdünnung der Netzhaut eine Art von flacher Grube darstellt, das schärfste Sehen, die klarsten Bilder ihren Sitz haben; so folgt aus der anatomischen Anordnung mit innerster Nothwendigkeit, daß die Nervenzellen und die Zapfen die wesentlichsten Licht empfindenden Theile, die Sehnervenfasern dagegen nur leitende Apparate sind, welche die in jenen Theilen entstandene Veränderung dem Gehirne zuleiten, selbst aber nicht fähig sind, mehr als bloße Lichtempfindung dem Gehirne zukommen zu lassen. Alles, was das Sehorgan als specifisches Organ constituirt, das Auffassen der Bilder und der Farben, gehört deshalb den Stäbchen, Zapfen, Radialfasern und Nervenzellen an — der Sehnerv, ohne diese analysirenden Organe, würde nur Empfindung von Licht und Dunkel gewähren können.

Daß die Netzhaut überhaupt der empfindende, der Sehnerve der dem Gehirne zuleitende Theil des Auges sei, und daß bei Krankheit oder Zerstörung beider Organe Blindheit die nothwendige Folge ist, läßt sich leicht nachweisen. Beiderlei Zustände begreifen wir unter dem Namen des schwarzen Staares oder der Amaurose. Die äußeren Augentheile sind bei solchen Zuständen meist vollkommen gesund. Das Innere des Sehloches ist klar und rein schwarz, wie bei einem gesunden Auge, und eine Operation, welche die übrigen Augentheile betreffen würde, durchaus unstatthaft. Eben so leicht läßt sich aber auch nachweisen, daß der Sehnerve als solcher keine andere als höchstens Lichtempfindung erzeugen könnte. Gerade diejenige Stelle im Auge, wo die Netzhaut nur aus Sehnervenfasern besteht, die Eintrittsstelle des Sehnerven, ist, wie wir später sehen werden, vollkommen unempfindlich gegen das Licht, so daß wir beständig einen dunklen Fleck in unserem Gesichtskreise mit uns herumtragen.

Die einzelnen Theile des Auges sind indeß nicht nur empfindend und leitend. Wir haben oben gesehen, daß viele Organe, wie die Lider, die Bindehaut, ja auch die weiße Augenhaut nur

Schutzorgane sind; andere, wie die Hornhaut, die Linse, der Glaskörper und die wässerige Feuchtigkeit sind dagegen durchsichtige Medien, bestimmt, die Lichtstrahlen auf ihrem Wege nach der empfindenden Netzhaut durchzulassen und durch die Krümmung ihrer Oberflächen und die physikalischen Eigenschaften ihrer Substanz so zu brechen, daß sie im Grunde des Auges Bilder erzeugen, welche als solche aufgefaßt werden können. Die Untersuchung der Brechungsverhältnisse im Auge bildet einen der wesentlichsten Gegenstände der Physiologie des Auges, wie der Optik überhaupt.

Schneidet man das Auge eines weißen Kaninchens unmittelbar nach dem Tode aus und hält dasselbe, nachdem man es sorgfältig gereinigt hat, gegen ein Fenster, so erblickt man auf der hinteren Wand des durchscheinenden Auges, dessen Aderhaut durchsichtig und pigmentlos ist, das sehr zierliche Bild des Fensters nebst den draußen befindlichen Gegenständen, verkleinert und verkehrt. Noch besser gelingt der Versuch, wenn man das Auge in eine zusammengewickelte Papierrolle so legt, daß seine Pupille nach vorn schaut und man nun hinten in die Röhre, welche alles seitliche Licht abhält, hineinschaut. Die umgebenden Gegenstände zeigen sich in wunderbar klaren Bildchen, mit ihren natürlichen Farben, in bestimmter Proportion verkleinert und verkehrt, so daß die Bäume z. B. oben zu wurzeln und ihre Spitze unten zu haben scheinen. Das Auge eines weißen Kaninchens ist deshalb besonders geeignet zu diesem Versuche, weil seine Aderhaut, wie bei allen Kakerlaken, vollkommen durchscheinend ist, während bei den gewöhnlichen Augen dieselbe schwarz und undurchsichtig erscheint. Um bei einem normalen Auge denselben Versuch anzustellen, muß man ein Ochsenauge z. B. in ein Hohlbecherchen legen, die Hornhaut nach den Gegenständen richten, die man im Auge zu sehen wünscht und dann auf der oberen Fläche aus der weißen und Aderhaut ein Fensterchen ausschneiden, an welchem man die Netzhaut wegpinselt, so daß man durch dieses Fensterchen den Hintergrund des Auges sehen kann. Da der Glaskörper meist durch die angeschnittene Stelle sich hervordrängt, so legt man ein Glasplättchen auf, dessen Druck dieses Vordrängen ver-

hindert. Indessen sind die auf solche Weise sichtbaren Bilder nie so genau und schön, wie die am Auge eines weißen Kaninchens beobachteten.

Es lehrt dieser einfache, leicht anzustellende Versuch, daß in dem Auge ein optischer Apparat verwirklicht ist, in welchem die umgebenden Gegenstände auf ein kleines, verkehrt stehendes Bild von großer Schärfe und Deutlichkeit reducirt werden, und daß die verschiedenen Theile des Auges so construirt sind, daß dieses Bild auf der Netzhaut sich entwirft. Wir besitzen optische Apparate, welche zu gleichem Zwecke construirt sind und die wir dunkle Kammern, Camera obscura, nennen. Diese Vorrichtungen bestehen in ihrer einfachsten Construction aus einem inwendig schwarz lackirten Kasten, auf dessen einer Fläche eine gläserne Linse, ein Brennglas, angebracht ist. Gegenüber diesem Brennglase befindet sich, statt einer schwarzen Wand, eine mattgeschliffene, durchscheinende Glasplatte. Betrachtet man diese Glasplatte, so zeichnen sich die vor dem Brennglase befindlichen Gegenstände in verkleinertem und verkehrtem Bilde auf derselben; das Bild würde sich schon erzeugen, wenn man nur in der gehörigen Entfernung hinter dem Brennglase, oder, um den wissenschaftlichen Ausdruck beizubehalten, hinter der Sammellinse die matte Glastafel anbrächte, es würde aber undeutlich, unrein ausfallen, wegen des überall einfallenden falschen Lichtes; der innen schwarze Kasten, an welchem Sammellinse und Glastafel angebracht sind, dient nur zur Abhaltung dieses falschen Lichtes, zur Absorption aller seitlich einfallenden Strahlen, welche die Reinheit des Bildes beeinträchtigen würden.

Vergleicht man nun den Bau des Auges mit der Construction der Camera obscura, so lassen sich sogleich folgende Anhaltspunkte feststellen. Alle durchsichtigen Augentheile, die Hornhaut, die Krystalllinse und der Glaskörper, zeigen keine flachen, sondern bogenförmige Oberflächen; sie stellen in ihrer Gesammtheit eine Sammellinse dar, die aus Theilen mit verschieden gekrümmten Flächen und aus Substanzen von verschiedenem Brechungsvermögen zusammengesetzt ist. Die Netzhaut, das em-

pfindende Gebilde, entspricht durch ihre Mattigkeit und das Durchscheinende, das sie besitzt, vollkommen der matten Glastafel, während die weiße Augenhaut mit der an ihrer inneren Fläche ausgebreiteten Aderhaut dem innen schwarz lackirten Kasten der Camera obscura sich vergleichen läßt.

Die Lichtstrahlen, welche durch eine Sammellinse mit regelmäßig gebogenen Oberflächen gehen, werden nun bekanntlich in der Weise gebrochen, daß sie in einem bestimmten, hinter der Linse gelegenen Punkte, welcher der Brenn- oder Kreuzungspunkt heißt, sich vereinigen. Nur der Axenstrahl, d. h. derjenige Strahl, welcher durch das Centrum der Linse geht, wird ungebrochen in gerader Linie fortgeleitet, alle übrigen Strahlen hingegen werden von der Linse nach dem Axenstrahle hin gebrochen und vereinigen sich mit ihm wenigstens großentheils in dem Brennpunkte. Faßt man daher mit einer Sammellinse das Bild der Sonne, eines kreisrunden Körpers, auf, so bilden die durch die Linse durchgehenden Strahlen einen Kegel, in dessen Spitze sie sich sämmtlich vereinigen und dadurch eine größere Hitze hervorbringen. Wer hat sich nicht schon eines Brennglases bedient, um Zunder anzustecken? Man rufe sich die zu diesem Endzwecke nöthigen Manipulationen zurück. Anfangs hält man das Brennglas zu nahe, man sieht einen hellen Kreis auf dem Zunder. Man entfernt es; der Kreis wird immer kleiner. Ist man so weit, daß nur ein hellglänzender Punkt sich zeigt, so entbrennt der Zunder. Entfernt man das Brennglas noch mehr, so entsteht von neuem ein Kreis, der um so größer wird, je weiter es von dem Zunder absteht. Die Lichtstrahlen kreuzen sich in dem Brennpunkte und bilden von diesem an auseinandergehend einen zweiten Kegel, dessen Spitze in dem Brennpunkte liegt. Hält man nun das Brennglas, welches benachbarte Gegenstände richtig vergrößert zeigt, in eine seiner Brennweite entsprechende Entfernung vom Auge und betrachtet durch dasselbe einen noch weiter entfernten Gegenstand, z. B. Schrift, so wird man bei richtiger Entfernung vom Auge diese Schrift scharf und deutlich, aber verkehrt sehen. Buchstaben und Zahlen stehen auf dem

Kopfe und die Schrift läuft von rechts nach links. Es bedarf nicht mehr als dieses einfachen Versuches, um sich zu überzeugen, daß die von einer Sammellinse aufgefaßten Strahlen sich wirklich in dem Brennpunkte kreuzen und hinter dem Brennpunkte demnach ein verkehrtes Bild des Gegenstandes bilden müssen, wo rechts und links, oben und unten mit einander verwechselt sind. Die Verhältnisse des Bildes bleiben die nämlichen, nur seine Stellung ist eine verschiedene.

Um indessen die Vorgänge im Auge genauer kennen zu lernen, müssen wir noch auf einige Verhältnisse aufmerksam machen. Eine jede Sammellinse hat einen Hauptbrennpunkt, in welchem sich die der Axe am meisten genäherten Strahlen vereinigen, während die den Rand treffenden Strahlen sich in Punkten schneiden, welche der Linse näher liegen. Bei der Kreuzung werden also diese Strahlen auch weiter nach Außen geworfen und erzeugen bei dem hinter dem Kreuzungspunkte entstehenden Bilde einen verwaschenen Saum. Je größer also die Blendung ist, welche den zerstreuenden Rand der Linse einfaßt, desto mehr wird dieser Fehler vermieden. Man nennt diese Erscheinung die sphärische Aberration.

Sind die gekrümmten Flächen einer Linse nicht genau einer regelmäßigen Curve (Kugel, Ellipse) entsprechend gestaltet, so weicht der Brennpunkt aus der Axe und kann in eine Menge einzelner Punkte aufgelöst werden. Das Instrument ist dann nicht gehörig centrirt.

Da die von einer Linse im Brennpunkte gesammelten Strahlen sich dort kreuzen, so wird in einer bestimmten Entfernung hinter dem Brennpunkte ein verkehrtes Sammelbild eines Gegenstandes erzeugt. Liegt der Gegenstand um die doppelte Brennweite von der Linse entfernt, so wird das Bild in gleicher Entfernung auf der anderen Seite stehen und gleich groß sein — ist der Gegenstand näher, so wird das Bild entfernter stehen und größer sein; befindet sich der Gegenstand innerhalb der Brennweite, so kann kein Sammelbild von ihm entstehen; rückt er in größere Ferne

als die doppelte Brennweite, so wird das Bild verkehrt aber um so kleiner sein, je weiter der Gegenstand abrückt.

Betrachten wir nun, nachdem wir durch den Versuch mit dem weißen Kaninchenauge wissen, daß in der That die brechenden Medien des Auges ein kleines, verkehrtes Sammelbild auf der Netzhaut erzeugen, die Verhältnisse näher, so zeigt sich Folgendes.

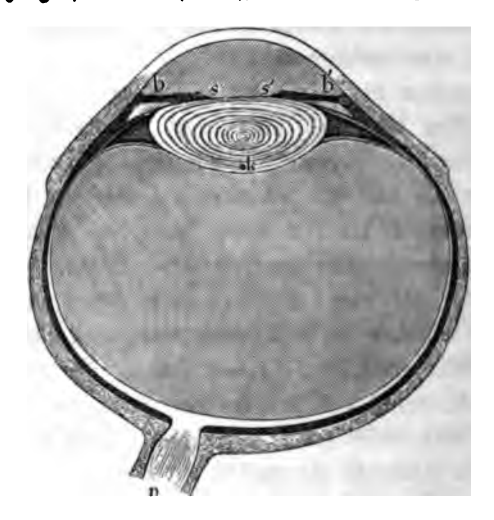


Fig. 57.

Doppelt vergrößerter Horizontaldurchschnitt des Auges. b, s. Innere Hälfte der Iris. s, s'. Pupille. s', b'. Rechte Hälfte der Iris. k. Der Knoten- oder Kreuzungspunkt der Strahlen.

Der Kreuzungs- oder Knotenpunkt sämmtlicher, durch die Hornhaut, die Flüssigkeit der vorderen Augenkammer und die Krystalllinse gebrochenen Strahlen liegt noch in der Linse selbst, an dem mit k bezeichneten Punkte, fast genau einen halben Millimeter vor dem hinteren Rande der Linse, während die Netzhaut, auf der sich das Bild erzeugt, beinahe 15 Millimeter von dem hinteren Linsenrande absteht. Den Gang der Lichtstrahlen, die von einem Gegenstande abgehen, mag also die nebenstehende Figur versinnlichen. Der Pfeil A B (Fig. 58) stelle den zu sehenden Gegenstand vor. Die sämmtlichen durch die Pupille gehenden Strahlen

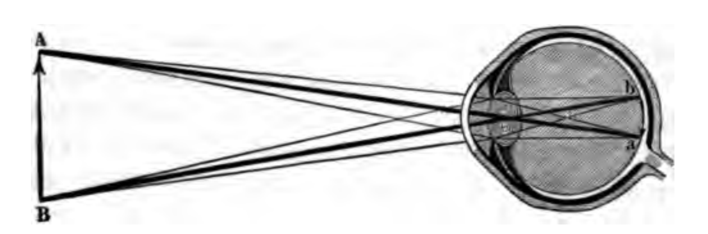


Fig. 58.

werden theils in dem Knotenpunkte, theils hinter demselben so gebrochen, daß auf der Netzhaut das verkleinerte und verkehrte Bild b a erzeugt wird.

Vergleicht man das menschliche Auge mit einem künstlich hergestellten Instrumente, so stellen sich einerseits Vortheile, anderseits Nachtheile heraus, die man, wie Helmholtz richtig bemerkt, dahin resumiren kann, daß das Instrument durchaus nicht fehlerfrei ist, aber bei der besonderen Art, wie wir es zu gebrauchen gelernt haben, dennoch Außerordentliches leistet. Die Vollkommenheit des Auges ist eine rein praktische, keine absolute; das Auge hat alle möglichen Fehler optischer Instrumente, einzelne sogar, die wir an künstlichen Instrumenten nicht leiden würden; aber es ist vollkommen seinem Zwecke angepaßt und das, was die Arbeit unermeßlicher Reihen von Generationen unter dem Einflusse des Vererbungsgesetzes erzielen konnte, fällt hier mit dem zusammen, was die weiseste Weisheit vorbedenkend ersinnen mag.

In der That beruhen die Vortheile des Auges fast einzig auf seiner Beweglichkeit im Ganzen, wie auf derjenigen einzelner seiner Theile. Sein Gesichtsfeld ist außerordentlich groß, der Raum des deutlichen Sehens hingegen, wie wir sehen werden, außerordentlich klein; aber da wir diese kleine genaue Auffassungsstelle in sehr weitem Umkreise herum bewegen können, wird der Nachtheil des verwaschenen Bildes in der Umgebung derselben schnell aufgehoben. Eben so verbessert die Bewegung die meisten physikalischen Fehler, während für einzelne derselben noch die schnelle Accommodation auf verschiedene Entfernungen und der

Wechsel der Blendung durch Aenderung des Durchmessers der Pupille hülfreich eintritt. In der That hat die Natur in dem beweglichen Vorhange der Iris oder Regenbogenhaut eine veränderliche Blendung hergestellt, welche sich allen verschiedenen Erfordernissen anzupassen vermag und stets der Pupille diejenige Weite giebt, welche zur Herstellung eines scharfen Bildes erforderlich ist. Die Bewegungen der Regenbogenhaut sind unwillkürliche, durch Reflex bedingte Bewegungen, die mit der Lichtempfindung auf der Netzhaut in Verbindung stehen. Je heftiger der Reiz ist, der diese trifft, desto enger zieht sich die Regenbogenhaut zusammen, desto kleiner wird die Pupille; je mehr wir die Netzhaut bei Betrachtung eines Gegenstandes anstrengen, um so mehr zieht sich die Pupille zusammen und um desto schärfer wird das Bild, das sich auf der Netzhaut bildet. Zerstörung des Sehnerven, Lähmung der Netzhaut bedingen auch Unbeweglichkeit der Regenbogenhaut und starre Fixation der Pupille, während bei gesundem Sehvermögen diese wunderbare contractile Blendung in stetem Spiele sich befindet, um, je nach dem Bedürfnisse des Sehactes, die Oeffnung, welche den Lichtstrahlen geboten ist, kleiner oder größer zu stellen.

Wenn aber die durch die Iris hergestellte Blendung weit alle schwerfälligen Mechanismen übertrifft, die wir zu gleichem Zwecke bei Instrumenten anbringen können, so ist dagegen der optische Apparat des Auges in vieler Beziehung um so fehlerhafter. Die Abweichungen von der Kugelgestalt der brechenden Flächen sind bedeutend; die Hornhaut ist nicht gleichmäßig gekrümmt, Hornhaut und Krystalllinse haben nicht ganz die gleiche Axe, sind nicht richtig centrirt; die Faserzüge der Krystalllinse bewirken Verzerrungen der Bilder. Auf allen diesen Fehlern beruht der manchmal höchst ausgebildete und lästige Zustand des Auges, welchen man den Astigmatismus genannt hat, in Folge dessen man nicht gleichzeitig horizontale und verticale Linien in derselben Entfernung sehen kann, schmale Körper doppelt oder dreifach und die runden oder punktförmigen Sterne strahlig sieht. „Die Strahlen, sagt Helmholtz, die wir an den Sternen oder

fernen Lichtflammen sehen, sind Abbilder vom strahligen Bau der menschlichen Linse, und wie allgemein dieser Fehler ist, zeigt die allgemeine Bezeichnung einer strahligen Figur als sternförmig. Nun ist es nicht zu viel gesagt, fährt Helmholtz fort, daß ich einem Optiker gegenüber, der mir ein Instrument verkaufen wollte, welches die letztgenannten Fehler hätte, mich vollkommen berechtigt glauben würde, die härtesten Ausdrücke über die Nachlässigkeit seiner Arbeit zu gebrauchen und ihm sein Instrument mit Protest zurückzugeben. In Bezug auf meine Augen werde ich freilich Letzteres nicht thun, sondern im Gegentheile froh sein, sie mit ihren Fehlern möglichst lange behalten zu dürfen. Aber der Umstand, daß sie mir, trotz ihrer Fehler, unersetzlich sind, verringert offenbar, wenn wir uns einmal auf den freilich einseitigen aber berechtigten Standpunkt des Optikers stellen, doch die Größe dieser Fehler nicht.“

Die Bewegungen des Augapfels als Ganzes gehen deshalb so leicht und schnell von Statten, weil die Form des in der Augenhöhle verborgenen Theiles desselben annähernd die einer Kugel ist, die sich um einen in ihrer Axe befindlichen Drehpunkt bewegen kann. Dieser Drehpunkt liegt etwa 1³/₄ Millimeter hinter der Mitte der Sehaxe, also im Glaskörper und weit hinter dem Knotenpunkte des optischen Apparates. Wie wir auch unsere Augen stellen mögen, nach oben, unten, außen oder innen, der Drehpunkt bleibt stets an derselben Stelle, da sich der Augapfel in der Augenhöhle wie in einem Nußgelenke umherwälzen kann. Die Kugel, welche sich in einem Nußgelenke befindet, kann nicht seitlich ausweichen, da sie überall in der Peripherie fixirt ist; vermöge ihrer Kugelform aber kann sie sich nach allen Richtungen hin umdrehen, ohne daß ihr Mittelpunkt verändert wird. Das so eingerichtete Instrument erhält bei möglichster Beweglichkeit zugleich eine außerordentliche Präcision in seinen Bewegungen, während die Punkte der Oberfläche, welche sich über Kreisabschnitte drehen, nur sehr wenig Raumveränderung vorzunehmen haben, um eine bedeutende Axenveränderung herzustellen.

Da das Nußgelenk, innerhalb dessen sich die Kugel des Augapfels dreht, nur aus einem Fettpolster besteht, welches eine gewisse Nachgiebigkeit hat, so kann man die ganze Einrichtung auch als ein Nußgelenk ansehen, welches zugleich selbst wieder verschiebbar ist. Es scheint indessen, als ob die Wirkung der Augenmuskeln niemals so weit ginge, den Augapfel selbst zu verschieben, sondern nur zuweilen sich darauf beschränkte, ihn in der Richtung der Sehaxe weiter in die Augenhöhle zurückzuziehen oder bei Erschlaffung vortreten zu lassen. Viele Säugethiere haben zu dieser Bewegung einen eigenthümlichen Muskel, der bei dem Menschen durch das Zusammenwirken der geraden Augenmuskeln ersetzt wird.

Der schon öfter erwähnte Fundamentalversuch mit dem weißen Kaninchenauge enthält noch mancherlei Folgerungen, welche in der Construction des Auges als optisches Werkzeug begründet liegen und deren nähere Erörterung zum Begreifen des Sehprocesses höchst wichtig ist. Richtet man das präparirte Kaninchenauge gegen ein Fenster, durch welches sich Häuser, Bäume, Berge in der Ferne, kurz eine ganze Landschaft zeigt, so erhält man auf der hinteren Seite ein verkleinertes Bild, dem das Fenster als Einfassung dient. Je ferner die Gegenstände, desto kleiner erscheinen sie; ein Berg am Horizonte erscheint kaum so groß, als der Schornstein eines gegenüberstehenden Hauses. Es beruht diese Verkleinerung der entfernten Gegenstände, auf welcher unsere ganze Malerkunst, unsere Perspective beruht, einzig und allein auf der Vergrößerung oder Verkleinerung des Sehwinkels oder Gesichtswinkels, unter welchem die Gegenstände erscheinen. Man halte einen Bleistift von einer gewissen Länge dem Auge in einer Entfernung von 5 oder 6 Zollen gegenüber, und denke sich nun von allen Punkten dieses Bleistiftes Linien nach dem Kreuzungspunkte des Auges gezogen. Das Bleistift wird so zur Basis eines Dreieckes, dessen Spitze in dem Kreuzungspunkte liegt, und wenn ich in der geometrischen Construction fortfahrend die im Kreuzungspunkte des Auges sich treffenden Linien bis zur Netzhaut ver-

längere, so erhalte ich auf dieser ein umgekehrtes Bild, das ebenfalls als Basis eines Dreieckes betrachtet werden kann, dessen Spitze im Kreuzungspunkte liegt und dessen Schenkel von den äußersten Strahlen gebildet werden, die von den beiden Enden des Bleistiftes herstammen. Jedes Dreieck besteht aus drei Winkeln; derjenige Winkel, welcher durch die äußersten Strahlen in dem Kreuzungspunkte gebildet wird, heißt der Sehwinkel, unter dem ich das Object erblicke.

Je weiter man die Seite eines Dreieckes von der gegenüberstehenden Ecke entfernt, desto kleiner wird der Winkel, unter welchem die beiden Schenkel des Dreieckes in der Spitze zusammentreffen. Je weiter mithin ein Gegenstand von dem Auge entfernt ist, desto kleiner wird der Sehwinkel, unter welchem seine äußersten Strahlen im Kreuzungspunkte zusammentreffen, und desto kleiner wird auch das Bild, welches er auf der Netzhaut erzeugt. Ein Object, welches in größerer Nähe einen gewissen Raum darbot, wie z. B. eine Scheibe, wird in größerer Entfernung nur wie ein Stecknadelknopf, noch weiter wie ein Punkt von kaum räumlicher Ausdehnung, endlich gar nicht mehr gesehen; weil bei zu großer Entfernung zuletzt der Gesichtswinkel auf ein Minimum reducirt wird und kein Bild mehr auf der Netzhaut erzeugt werden kann.

Die Bestimmung des kleinsten Sehwinkels, unter welchem ein Gegenstand noch wahrgenommen werden kann, unterliegt manchen Schwierigkeiten. Man hat an den Augen lebender Menschen zu bestimmen gesucht, welche Größe ein Object haben müsse, um gerade noch wahrgenommen werden zu können, und sodann aus den erhaltenen Resultaten, bei den bekannten Dimensionen des Auges, die Größe des Sehwinkels und des Netzhautbildchens berechnet. Es müssen solche Berechnungen etwas Schwankendes haben, da nicht nur die Augen außer ihren oben berührten optischen Fehlern oft sehr bedeutende individuelle Verschiedenheiten darbieten, sondern auch dasselbe Individuum bei günstiger Stimmung weit schärfer, genauer und klarer sieht, als zu anderen Zeiten. Eben so bieten Farbe, Beleuchtung und

Abgrenzung des Körpers, welchen man besieht, die mannigfachsten Gründe zu vielfachem Wechsel. Ein scharf und hell beleuchteter weißer Punkt auf schwarzem Grunde kann eine weit geringere Größe besitzen, als ein anderer hellgrauer Punkt auf etwas dunkler grauem Grunde, und während ersterer scharf und deutlich wahrgenommen wird, läßt letzterer sich nicht mehr erkennen. Indeß bieten solche Messungen stets gewisse Grenzen dar, innerhalb welcher die Körper bei günstiger Beleuchtung wahrgenommen werden. Man hat gefunden, daß Striche, die nur 0,007 Millimeter von einander entfernt scharf auf Glas eingerissen sind, bei günstiger Beleuchtung und gehöriger Sehweite noch vollkommen deutlich unterschieden werden können, was bei einer Sehweite von 248 Linien im gegebenen Falle ein Netzhautbildchen von etwa einem Zweimalhunderttausendtheil eines Pariser Zolles geben würde, woraus sich ein Sehwinkel von etwa 2—3 Secunden ergiebt. Gegenstände, welche noch kleinere Netzhautbildchen erzeugen würden und einen noch kleineren Sehwinkel hätten, müßten begreiflicher Weise ganz aus dem Gesichte verschwinden und uns unsichtbar bleiben.

Die Berechnung der Entfernungen, unter welchen uns Gegenstände erscheinen, ist für uns eine oft unwillkürliche Abstraction aus dem Gesichtswinkel, unter welchem uns bekannte Gegenstände erscheinen, und Leute, für welche diese Bestimmung von Wichtigkeit ist, haben oft Regeln, nach welchen sie die Entfernungen sehr genau abschätzen können. Der Alpenjäger weiß, daß der Gemsbock erst dann sich in gehöriger Schußweite befindet, wenn seine beiden Hörner mit Deutlichkeit unterschieden werden können; dem Schützen ist aus Erfahrung bekannt, daß er bei einer bestimmten Entfernung nicht mehr die Knöpfe an der Uniform seines Feindes unterscheidet, in noch größerer den Pompon und in noch bedeutenderer die Epauletten. Man hat bekanntlich Instrumente zu militärischem Gebrauche, mittelst welcher man aus der scheinbaren Größe der Fußgänger und Reiter ihre wirkliche Entfernung in Schritten mit ziemlicher Genauigkeit abschätzt. Wir wissen ebenfalls aus ungefährer Kenntniß die etwaige

Größe eines Hauses, eines Baumes, und bestimmen daraus bei dem Anblick einer Landschaft die etwaigen Entfernungen. Täuschungen in dieser Hinsicht sind ungemein leicht in solchen Gegenden, wo uns die gewöhnlichen Maßstäbe unserer Berechnung fehlen. In den höheren Gebirgen, wo die Tanne, statt 60 Fuß Höhe, nur 20 erreicht, wo die großartigsten Felsen, die gewaltigsten Gletscher keine anderen Linien und keine anderen Farben bieten als kleine Steine und Stücke Eis, in solchen Gegenden wird das Schätzungsvermögen der Entfernung gewaltig betrogen. Man glaubt die kleinsten Ritze, die winzigsten Steinchen zu sehen, wo man nur gewaltige Klüfte und riesige Felsen vor sich hat; man vergißt die Kleinheit der Bäume und sieht so alle Gegenstände viel näher, als sie in der That sind. Wie sehr alle diese Berechnungen der Entfernung aber eben nur Folge der Uebung und der Gewohnheit sind, das zeigen die Kinder, die Blindgeborenen, denen eine Operation das Gesicht wieder giebt. Diese greifen nach dem Monde, als wäre er im Bereiche ihrer Hände, und erst nach und nach lernen sie durch die Controle, welche sie mittelst des Tastsinnes ausüben, das Gesehene verstehen und auch die Entfernungen abmessen. Das Bild, welches auf unserer Netzhaut entsteht, ist demnach kein körperliches, sondern ein Flächenbild, dessen Auffassung beständig der Controle unserer übrigen Sinne, so wie der Erfahrung und des Gedächtnisses unterstellt ist und welches wir mit unserem geistigen Auge, dem Verstande, eben so zu betrachten uns einüben, als wir die Bilder, welche die Malerei uns vorführt, studiren. Die Entfernung und das Relief der Gegenstände werden uns durch unser Auge nicht unmittelbar gegeben; sie sind erst das Resultat der Uebung, die wir im Gebrauch unseres Instrumentes erlangen, und die Beurtheilung des Reliefs namentlich entsteht für uns theilweise nur aus der Beobachtung der Schatten. Die eingegrabenen vertieften Buchstaben eines Siegelringes z. B. erscheinen uns erhaben, sobald wir sie mit einer das Bild umkehrenden Lupe betrachten. Wir kehren dadurch die Schatten ebenfalls um.

Es giebt für jedes Auge eine gewisse Entfernung, in welcher es die Gegenstände am schärfsten und deutlichsten wahrnimmt. Bei gewöhnlichen guten Augen beträgt diese Entfernung etwa acht Zoll; man nennt dies die normale Sehweite. Unwillkürlich bringen wir bei Untersuchung von Gegenständen, die wir bis in ihre kleinsten Einzelheiten betrachten wollen, meist auch beim Lesen, Schreiben, Handarbeiten u. s. w. unser Auge in die Entfernung seiner Sehweite. Ungemein häufig finden sich indeß Abweichungen der Augen von dieser normalen Sehweite. Ist sie geringer, so ist Kurzsichtigkeit — wenn größer, Weitsichtigkeit vorhanden, und meist sogar lassen die beiden Augen Unterschiede in ihrer mittleren Sehweite entdecken. Die Ursachen dieser Abweichungen liegen besonders in größerer oder geringerer Wölbung der lichtbrechenden Oberflächen des Auges. Kurzsichtige haben meist eine stärker gewölbte, Weitsichtige ein mehr flache Hornhaut. Junge Leute mit prallem Augapfel sind häufig kurzsichtig wegen zu starker Wölbung der Hornhaut; mit zunehmendem Alter, wo diese Prallheit abnimmt, die Wölbung geringer wird, verliert sich auch die Kurzsichtigkeit, und es begegnet nicht selten, daß solche Leute in höherem Alter weitsichtig werden und nun Sammellinsen gebrauchen müssen, während sie in ihrer Jugend zum Tragen von Zerstreuungsbrillen genöthigt waren. Der Kurzsichtige sieht kleine Gegenstände, denen er sich hinlänglich nähern kann, besser als der Weitsichtige, weil er eben bei größerer Näherung zum Auge einen größeren Gesichtswinkel für dieselben erhält; er braucht aus demselben Grunde weniger Licht als der Weitsichtige, und für solche Beschäftigung, die scharfes Sehen in der Nähe verlangen, ist der Kurzsichtige offenbar begünstigt, während ihm namentlich im Freien der Genuß der Landschaften und Aussichten, die dem Weitsichtigen vergönnt sind, bedeutend verkürzt ist.

Die Beschäftigung des Menschen, sein Stand und seine Lebensart üben, abgesehen von dem Alter, den größten Einfluß auf die Sehweite der Augen aus, indem dadurch ein Mangel an Uebung des Accommodationsapparates erzeugt wird, der schließlich zur Unfähigkeit führt, denselben über eine gewisse Grenze

hinaus zu gebrauchen. Diese Unfähigkeit pflanzt sich dann durch Vererbung weiter fort, so daß sie angeboren wird, etwa in ähnlicher Weise, wie die Unfähigkeit, die Ohren zu bewegen, obgleich die dazu bestimmten Muskeln noch vorhanden sind. Diese Vererbung und die sitzende Lebensart unserer Jugend, die stete Beschäftigung mit Lesen und Schreiben haben die Kurzsichtigkeit allgemein verbreitet und leider! droht die körperliche Infirmität auch in eine geistige auszuarten. Der Gebrauch von Wandtafeln, Wandkarten und anderweitigen Hülfsmitteln der Art, welche den Schüler zwingen, den Blick zuweilen auf etwas entferntere Gegenstände, als Buch und Heft, zu richten, kann nicht ausreichen, obgleich auch dieses geringe Mittel nicht zu verschmähen ist. Beschäftigung in der freien Natur, eifrigeres Betreiben der Naturwissenschaften, nicht nur in einem Schulsaale bei pedantischen Büchern, trockenem Pflanzenheu und vermoderten Thierbälgen, sondern draußen bei Wind und Wetter, in Feld und Wald, wäre das rechte Mittel, der Kurzsichtigkeit entgegen zu arbeiten. Statt dessen aber erfindet man Apparate griechischen Namens, worin sieben O's mit einigen Ypsilons abwechselnd sich bestreben, eine Verrenkung der Kinnbacken zu erzeugen! Wie dem auch sei, statistische Untersuchungen haben herausgestellt, daß im Durchschnitte unter hundert Schülern und Studenten von 16—25 Jahren 94 Kurzsichtige sich befinden; daß unter den Gelehrten dies Verhältniß etwas nach Alter und Beschäftigung abnimmt, so daß theoretische Bücherwürmer 84, praktischer beschäftigte Gelehrte nur 63 Procent Kurzsichtige zählen, während Männer höherer Stände eine noch höhere Verhältnißzahl, nämlich 67 bekommen. Kaufleute, die den größten Theil ihres Lebens am Bureau zubringen, haben 63 Procent Kurzsichtige, während Ladendiener, Commis, Magazinbeamte, die weniger sitzende Lebensart im Kaufmannsstande führen, 48 Procent Weitsichtige zählen. Soldaten, Künstler, Schuster und Schneider zählen mehr als die Hälfte Weitsichtiger; Jäger und Ackerbauer endlich zeigen die günstigsten Verhältnisse für die Weitsichtigkeit, indem sich unter ihnen 74 auf hundert finden.

Der so deutlich ausgeprägte Einfluß der Beschäftigung auf die Sehweite der Augen beweist zugleich, daß diese sich in gewisser Grenze den Entfernungen anzupassen vermögen, welche gewöhnlich ihnen dargeboten werden. Es giebt für jedes Auge eine gewisse Entfernung, in welcher es am schärfsten und genauesten sieht; von dieser Sehweite an nehmen die Bilder in der Nähe wie in der Ferne an Deutlichkeit ab. Unser Auge kann sich aber verschiedenen Entfernungen anpassen; es besitzt ein Accommodationsvermögen, nach welchem es, noch innerhalb der Grenzen der deutlichen Bilder, sich den verschiedenen Entfernungen anzupassen vermag. Ein Individuum, das lange aufmerksam gelesen oder geschrieben hat und nun plötzlich durch das Fenster nach einem entfernteren Gegenstande, etwa einer Thurmuhr blickt, auf welcher es die Stunde zu sehen gewohnt ist, sieht in dem ersten Augenblicke das Zifferblatt verwaschen, die Zahlen und Zeiger verschwimmend, und erst nach einigen Secunden gestaltet sich das Bild schärfer und schärfer, bis man deutlich Ziffern und Zeiger erkennt. Das Auge hat sich hier den verschiedenen Entfernungen, die ihm geboten wurden, angepaßt, und es muß offenbar eine innere Veränderung im Auge vor sich gegangen sein, wodurch die Verhältnisse der optischen, lichtbrechenden Medien zu der Netzhaut in dem Grade verändert wurden, daß nun das Bild der entfernteren Gegenstände deutlich auf derselben entworfen wird. Mittelst des Helmholtz'schen, jetzt von vielfachen Verfassern modificirten und verbesserten Augenspiegels, durch den man die Bilder erblicken kann, die sich auf der Netzhaut eines lebenden Menschen abspiegeln, kann man sich überzeugen, daß das Auge stets nur auf eine gewisse Entfernung eingestellt ist. Die Bilder der Körper, welche in dieser Entfernung liegen, sind deutlich, alle anderen aber undeutlich. Faßt der Mensch einen vor oder hinter dem Körper liegenden Gegenstand ins Auge, so wird das Bild dieses Gegenstandes deutlich, dasjenige des ursprünglich betrachteten Körpers dagegen undeutlich — ein deutlicher Beweis, daß keine Veränderung der

Sehaxe, keine Augenbewegung nöthig ist, um die Einstellung zu bewirken, und daß diese im Inneren des Auges vor sich gehe.

Man hat vielfach zu bestimmen gesucht, auf welcher inneren Veränderung dies Accommodationsvermögen beruhe, ohne früher zu ganz genügenden Resultaten zu kommen. Die Verhältnisse der kurz- und weitsichtigen Augen mußten zuerst auf die Vermuthung bringen, daß die Hornhaut beim Anpassen an entfernte Gegenstände abgeplattet, beim Nahesehen gewölbt würde; allein unmittelbare Beobachtung scheint diese Annahme nicht zu bestätigen. Eben so wenig hat die Zusammendrückung des Augapfels durch die Muskeln einigen Grund für sich. Durch die Veränderung der Spiegelbilder des Auges hat man sich überzeugt, daß die vordere Wölbung der Krystalllinse beim Einstellen auf nahe Gegenstände vergrößert, auf entfernte dagegen verflacht wird. Betrachtet man nämlich mit Aufmerksamkeit das Auge eines Menschen, vor welches man im Dunkeln eine brennende Kerze hält, so sieht man drei Spiegelbilder im Auge, die verschiedene Helligkeit besitzen : das hellste, vorderste steht aufrecht und rührt von der Vorderfläche der Hornhaut; das mittlere, umgekehrte von der Hinterfläche der Linse und das am wenigsten deutliche ebenfalls aufrechte von der Vorderfläche der Linse her. Aus der Verschiedenheit der Stellung dieser beiden Linsen-Spiegelbilder zu einander hat man nun den obigen Schluß gezogen und darin den Beweis gefunden, daß der kreisförmige Ciliarmuskel bei der Einstellung in die Nähe die elastische Krystalllinse zusammendrückt und dadurch ihre Convexität vermehrt, während der Muskel beim Einstellen in die Ferne erschlafft.

Durch mannigfache Versuche läßt sich zeigen, daß die Entfernung der Krystalllinse von der Netzhaut, bei sonst gleich bleibender Beschaffenheit der übrigen Augentheile, einen wesentlichen Einfluß auf die Beschaffenheit der Netzhautbilder üben müsse, und daß die Stellung dieser Bilder bei Entfernung oder Näherung der Gegenstände eine sehr verschiedene sei. Der sogenannte Scheiner'sche Versuch, den Jeder leicht anstellen kann, ist in dieser Beziehung wohl einer der einfachsten Fundamentalversuche.

Man sticht mit einer nicht zu dicken Stecknadel in ein Kartenblatt zwei Löcher, welche höchstens zwei Millimeter von einander abstehen, und hält nun das Kartenblatt so vor das Auge, daß man durch beide Löcher zugleich mit dem Auge sieht. Betrachtet man nun eine Stecknadel, die man in verschiedene Entfernungen vor- und rückwärts bewegt, so sieht man dieselbe in der normalen Sehweite des Auges, bei etwa 6—10 Zoll Abstand, einfach. In jeder andern Entfernung, näher und entfernter von dem Auge, wird die Stecknadel doppelt gesehen, und zwar entfernen sich die Doppelbilder um so mehr von einander, je näher oder weiter von dem Auge man die Stecknadel hält. Bringt man dieselbe dem Auge zu nahe und hält man nun das Loch auf der rechten Seite zu, so verschwindet das Doppelbild auf der linken Seite und umgekehrt; hält man aber die Stecknadel über die Sehweite hinaus und verstopft man nun das Loch auf der rechten Seite, so verschwindet das Doppelbild auf der rechten Seite und nicht auf der linken, wie es bei zu großer Näherung der Fall war.

Die Erklärung dieses Versuches läßt sich bei einigem Nachdenken leicht finden. Die Lichtstrahlen, welche von dem linien- oder punktförmigen Objecte ausgehen, gelangen durch die beiden Löcher des Kartenblattes in das Auge, sie bilden mithin einen Winkel, dessen Spitze in der Stecknadel liegt und dessen Oeffnung von der Entfernung der beiden Löcher von einander abhängt. Durch die Linse werden die Lichtstrahlen nach innen gebrochen, so daß sie sich in einem gewissen Punkte hinter der Linse wieder schneiden müssen. Steht nun die Stecknadel in der richtigen Sehweite, so fällt der Vereinigungspunkt der Lichtstrahlen genau auf die Netzhaut; es entsteht somit auf dieser nur ein einzelnes Bild und es wird demnach auch nur ein einfaches Bild empfunden und gesehen.

Wird hingegen die Stecknadel zu weit von dem Auge entfernt, so wird die Brechung der eintretenden Strahlen so gering, daß sie erst weit hinter der Netzhaut einander schneiden werden. Die Lichtstrahlen treffen demnach auf verschiedene Stellen der

Netzhaut und entwerfen dort Bilder, die als verschieden aufgefaßt und empfunden werden. Das Gegentheil findet statt bei zu großer Näherung; die unter starkem Winkel einfallenden Strahlen werden stark gebrochen und schneiden einander im Inneren des Auges, noch ehe sie zur Netzhaut gelangen, so daß sie auf dieser gekreuzte Bilder entwerfen. Aus dieser Kreuzung im Inneren des Auges erklärt sich dann auch der Umstand, daß bei zu großer Näherung des zu betrachtenden Gegenstandes und beim Zuhalten des einen Loches das Doppelbild der entgegengesetzten Seite verschwindet, während bei übermäßiger Entfernung, wo sich die Strahlen erst hinter der Netzhaut kreuzen würden, das Doppelbild derselben Seite verschwindet.

Dieser einfache Versuch liegt allen denjenigen Einrichtungen zu Grunde, welche man zur Messung der deutlichen Sehweite gebraucht. Diese ist ganz einfach durch den Raum begrenzt, innerhalb dessen man die Stecknadel einfach und deutlich sieht. Man bezeichnet die Grenzpunkte dieses Raumes, der stets eine gewisse Länge hat, als Nähe- und Fernpunkt der deutlichen Sehweite. Die genauere Bestimmung dieser Entfernung ist nicht nur für den Gebrauch optischer Instrumente, wie z. B. des Fernrohres und Mikroskopes, sehr wichtig, sondern auch von practischem Werthe, z. B. für die Feststellung der Kurzsichtigkeit bei Recruten. Zu diesem letzteren Zwecke wird, um Betrug zu vermeiden, der Versuch in etwas abgeänderter Weise innerhalb eines Apparates angestellt, in welchem man das Object, ohne daß es der Beobachter merkt, hin und her rücken kann. Bei solchen genaueren Messungen hat sich denn auch ergeben, daß unser Auge wegen der ungleichen Krümmung der brechenden Flächen niemals gleichzeitig für alle einfallenden Lichtstrahlen eingestellt ist, so daß wir die Körper, welche in horizontalen und verticalen Ebenen gleich weit von dem Auge entfernt sind, nicht mit gleicher Deutlichkeit sehen. Gewöhnlich ist unser Auge für die Strahlen der horizontalen Ebene und zwar für die Ferne eingerichtet, so daß zu der Nahsicht und zum Erblicken der

Gegenstände in gleicher Entfernung, aber in der verticalen Ebene, eine Accommodation gehört.

Die Schärfe des Sehens oder die Fähigkeit des Auges, jeden Punkt eines Gegenstandes als genau begrenzt zu unterscheiden, hängt durchaus von der genauen Krümmung der brechenden Flächen ab, wodurch die sämmtlichen Strahlen, die von einem Punkte ausgehen, auch auf demselben Punkte der Netzhaut wieder gesammelt werden. Da indessen diese Bedingung nicht genau für alle Punkte im Raume hergestellt sein kann, so sehen wir nur von einzelnen Punkten richtig construirte Bilder, von anderen aber mehr oder minder große, aus Zerstreuungskreisen bestehende, verwaschene Bilder. Diese Zerstreuungskreise zeigen sich besonders an den Contouren der Gegenstände, sobald diese nicht vollkommen innerhalb der Sehweite liegen. Ihre Auffassung und richtige Darstellung in der Malerei bedingt die Weichheit der Contouren, welche den ausgebildeten Künstler von dem Anfänger unterscheidet. Gegenstände, deren Ränder besonders auch bei Beleuchtung von verschiedenen Seiten her undeutlich erscheinen, werden dann deutlicher, wenn man eine feine Oeffnung vor das Auge schiebt und so die Zerstreuungskreise aufhebt, die besonders bei stark leuchtenden Körpern in Gestalt von Strahlenbüscheln sich darstellen und so die Auffassung der Form wesentlich stören. Viele bewerkstelligen dies durch starkes Blinzeln, indem sie das Auge bis auf eine geringe Spalte schließen. Bei Augen, welche, wie das meinige, für Lichtbüschel außerordentlich empfindlich sind, genügt aber dieses Mittel nicht, und man muß sich dann durch geeignetes Zusammendrücken der Fingerspitzen eine solche feine Oeffnung herstellen.

Eine sehr wesentliche Bedingung zum deutlichen Sehen ist ferner die Stellung der Bilder auf der Netzhautfläche selbst. Nur diejenigen Axenstrahlen, welche den gelben Fleck und dessen nächste Umgebung treffen, werden deutlich und genau aufgefaßt, so daß also diejenigen Körper, deren Strahlen nur um zehn Grade von der Sehaxe abweichen, schon verwaschen, die weiter abweichenden kaum mehr gesehen werden. Die meisten Menschen

haben sich so vollkommen daran gewöhnt, nur die deutlichen, in den gelben Fleck fallenden Bilder aufzufassen, die übrigen schwächeren aber unbeachtet zu lassen, daß der Raum ihres directen deutlichen Sehens nur ein äußerst kleiner ist. Ebenso aber, wie man sich durch Aufmerksamkeit und festen Willen daran gewöhnen kann, viele Erscheinungen zu sehen, welche der gewöhnlichen Auffassung entgehen, kann man sich auch daran gewöhnen, diese verwaschenen und undeutlichen Bilder, welche außerhalb des gelben Fleckes und der unmittelbaren Umgebung der Augenaxe fallen, mit größerer Bestimmtheit aufzufassen. Man wird diese Fähigkeit z. B. bei Schulmeistern, die eine zahlreiche Klasse böser Jungen zu beobachten haben, in ausgezeichneter Vollkommenheit entwickelt finden.

Es giebt eine Stelle in der Netzhaut, die zwar innerhalb der Grenze der verwaschenen Bilder liegt, welche aber dennoch vollkommen unempfindlich für die Lichtstrahlen ist. Der alte Physiker Mariotte, dem wir die Bestimmung des Gesetzes vom Luftdrucke und dessen Abnahme nach oben verdanken, hatte schon durch Versuche diese Stelle ermittelt. Um sich von der Thatsache zu überzeugen, bedarf es nur zweier Punkte, die man auf einen weißen Bogen in einer horizontalen Entfernung von zwei bis drei Zollen aufträgt. Man fixire von den drei hier in einer horizontalen Linie angebrachten Punkten den Punkt a

●	●	●
a	b	c

mit dem rechten Auge, während man das linke schließt, so wird man bald nach einigem Suchen und Verändern der Kopfstellung, nach einigem Nähern und Entfernen die richtige Distanz finden, in welcher man den Punkt c nicht mehr sieht. Bei normalsichtigen Menschen wird dies Verschwinden des Punktes c etwa in einer Entfernung von 8 Zollen und besonders dann eintreten, wenn sie etwas links über den Punkt a fixiren. Rückt man nun das Papier näher, so wird der Punkt c wieder sichtbar, während dagegen der Punkt b vollkommen verschwindet. Genauere Bestimmung lehrt nun, daß der von dem verschwindenden Punkte

ausgehende Lichtstrahl mit der Sehaxe einen Winkel von 13—17 Graden machen muß, wenn er nicht empfunden werden soll, und daß die Verlängerung des nicht empfundenen Lichtstrahles genau auf die Eintrittsstelle des Sehnerven fällt. Diese Stelle befindet sich etwa 1,8 Pariser Linien von der Sehaxe nach innen, und die ganze blinde Stelle hat im Auge selbst nicht ganz den Durchmesser einer Pariser Linie und eine rundliche Gestalt. Ueberträgt man dies nach Außen, so findet man, daß die absolut dunkle Stelle in unserem Sehfelde etwa sechs Grade, d. h. einen Platz einnimmt, auf dem etwa eilf einander berührende Vollmonde Raum haben würden. Wie ist es möglich, wird der Leser fragen, daß ein dunkler Fleck von solcher Größe bei unserem gewöhnlichen Sehen gänzlich unserer Auffassung entgeht, während er doch, wenn wir den Himmel betrachten, uns als ein rundliches Loch in dem blauen Gewölbe erscheinen müßte? — Drei verschiedene Umstände verhindern diese Auffassung des unempfindlichen, blinden Fleckes im Sehfelde. Wir sind gewöhnt, die verschwommenen, außerhalb der Sehaxe liegenden Bilder nur dann aufzufassen, wenn sie etwas Außerordentliches darbieten, eine auffallende Lichtstärke, eine schnelle Bewegung, eine ungewöhnliche Form. Alle diese Charactere fehlen dem blinden Flecken — das Fehlen der Objecte in diesem Raume, von deren Dasein wir uns durch eine veränderte Augenstellung überzeugen, wird von uns unserem Mangel an Aufmerksamkeit zugeschrieben. — Beim Sehen mit beiden Augen fallen die Lichtstrahlen, welche in dem einen Auge den blinden Fleck treffen, im andern auf eine empfindliche identische Stelle, und werden, wie wir im Folgenden sehen werden, deshalb bei der Combination beider Augenbildchen zu einer Empfindung als von beiden Augen gesehen aufgefaßt. — Endlich aber ergänzt unser Bewußtsein die an der blinden Stelle fehlende Empfindung durch die Empfindung der Nachbartheile — es überzieht den blinden Fleck mit den benachbarten Bildern. Deshalb erscheint uns das Loch im Himmel nicht schwarz — unser Bewußtsein streicht ihn mit der umgebenden blauen Himmelsfarbe an. Macht man einen schwarzen Fleck, so

groß als der blinde Fleck nach Außen übertragen sein würde, auf ein weißes Papier, so erscheint der Fleck weiß; zieht man eine Linie, die dem blinden Fleck entsprechend unterbrochen ist, so erscheint uns die Linie als ununterbrochen, weil das Bewußtsein ihre Fortsetzung über die unempfindliche Stelle hinaus ergänzt. Wir sehen, wie einer der bewährtesten Forscher sich ausdrückt, den Zusammenhang der Dinge, welche in die nicht sichtbare Region des Sehfeldes hineinragen, überhaupt so, wie er am einfachsten und wahrscheinlichsten ist, und es ist dies ein neuer Beweis zu der Erfahrung, daß Vorstellungen, zu denen wir durch Schlüsse, die wir aus unseren Empfindungen ziehen, veranlaßt werden, so mit den Empfindungen selbst verschmelzen können, daß wir sie nicht mehr zu unterscheiden wissen und das wirklich zu empfinden glauben, was wir uns nur vorstellen.

Wir haben in dem Vorhergehenden das Sehen in einer Weise abgehandelt, als wenn es sich nur auf ein einziges Auge bezöge; zwei Augen zu besitzen ist indeß durchaus kein Luxus, und die Natur hat Vorrichtungen getroffen, welche dahin zielen, diese beiden Instrumente in steter Uebereinstimmung zu erhalten. Wir besitzen zwei Augen und sehen dennoch nur einfach; es fragt sich: wie es komme, daß die beiden, auf unseren Netzhäuten entworfenen Bilder nur als ein einziges aufgefaßt werden? Man hat durch Versuche gefunden, daß alle Bilder einfach empfunden werden, sobald sie in beiden Augen so auf den Netzhäuten sich darstellen, daß sie in gleicher Entfernung von der Sehaxe auf entgegengesetzte Seiten fallen. Ein Gegenstand, dessen Bild im linken Auge eine Linie weit nach außen von dem Ende der Sehaxe (dem gelben Flecken) sich entwirft, wird nur dann einfach gesehen, wenn sein Bild in dem rechten Auge eine Linie weit nach innen sich spiegelt. Man nennt diese Punkte die identischen Punkte der Netzhaut, und alle diejenigen Punkte der beiden Netzhäute sind identisch, die einander decken würden, wenn man die Augen beider Seiten nach der Mittellinie hin übereinander schieben würde. Die innere Seite des einen Auges würde dann die äußere des anderen decken, während die beiden Axen dieselben sein würden.

Alle diejenigen Punkte der Außenwelt, deren Strahlen auf identische Netzhautpunkte fallen und deshalb einfach gesehen werden, liegen in bestimmten Ebenen des Gesichtsfeldes, welche man den Horopter oder Sehkreis genannt hat. Der deutsche Name zeigt schon darauf hin, daß man früher glaubte, der Horopter müsse nothwendig ein Kreis sein; neuere Untersuchungen haben aber bewiesen, daß die Gestalt dieser Fläche sowohl, als auch ihre Stellung je nach bestimmten Augenstellungen sehr verschieden ist und der Horopter bald nur von einem Punkte, einer Kegelfläche, zwei sich schneidenden Ebenen 2c. gebildet sein könne. Die Punkte, welche außerhalb des Horopter liegen, erscheinen jedesmal doppelt.

Bei dem gewöhnlichen Sehen richten wir indeß stets unsere Augen so, daß ihre Axen in demjenigen Punkt convergiren, welchen man genauer fixiren will, und es läßt sich leicht durch den einfachsten Versuch beweisen, daß diese Convergenz der beiden Augenaxen wirklich bei dem Fixiren irgend eines Gegenstandes eintritt. Heftet man den Blick auf das Kreuz eines Fensters, hinter welchem in der Ferne ein Thurm steht, so erscheint das Kreuz einfach, der Thurm doppelt, und hält man nun noch den Finger in einiger Entfernung gerade vor der Nase, so erscheint auch dieser doppelt. Schließt man nun das rechte Auge, so verschwindet das Doppelbild des Fingers auf der linken Seite und das Doppelbild des Thurmes auf der rechten Seite, ein Beweis daß eine wirkliche Kreuzung der Sehaxen stattfindet.

Die Convergenz der beiden Sehaxen wird von uns gewöhnlich auch noch in der Weise benutzt, daß wir die Entfernung eines Gegenstandes nach ihr abschätzen. Je näher ein Punkt unseren Augen liegt, desto stärker müssen wir die Augenaxen gegen einander richten, um sie auf diesem Punkte sich schneiden zu lassen. Je entfernter der Punkt, desto mehr wird die Richtung der Augenaxen dem Parallelismus sich nähern. Außer der Abstraction, die wir von der Kenntniß der Größe der Gegenstände und ihrer Abnahme unter einem gewissen Gesichtswinkel entnehmen, ist sicherlich diese gewissermaßen bewußte Auffassung der

Convergenz der Augenaxen eines der wesentlichsten Mittel zur Beurtheilung der Entfernung der Gegenstände. Wir sind in der That weit unsicherer in dieser Schätzung, wenn wir nur mit einem Auge einen unbekannten Körper sehen; — da es uns aber gelingt, auch hier ein richtiges Urtheil uns zu bilden, so muß diese Schätzung noch von weiteren Umständen abhängen. Schon oben erwähnten wir, daß bei bekannten Körpern uns die Größe des Sehwinkels, unter welchem wir den Körper sehen, den Maßstab zur Schätzung der Entfernung abgiebt. Außer dem aber haben wir gewiß eben so, wie von der Convergenz der Augenaxen, so auch von der Ausübung des Accommodationsvermögens im Auge eine bewußte Vorstellung, die sich als Auffassung der Entfernung ausprägt. Endlich helfen wir uns noch durch Beobachtung der Lichtstärke und der Farbe, die freilich äußerst trügerisch sind, bei bekannten Gegenständen aber einen ziemlichen Grad von Sicherheit erreicht. Stärker leuchtende Gegenstände erscheinen uns näher, schwächer leuchtende entfernter. Wird das Medium, durch welches wir bekannte Gegenstände sehen, undurchsichtiger, so erscheinen uns diese ferner. Jedermann weiß aus täglicher Erfahrung, daß nahe Gegenstände beim Nebel in scheinbar weit größerer Entfernung sich zeigen. Die Anwohner von Bergketten benutzen die Durchsichtigkeit der Luft als Barometer. „Die Berge scheinen nahe, es wird bald Regen geben", hört man oft in Bern oder ähnlichen Orten auf die Frage nach dem Wetter antworten.

Ein ähnliches Zusammenwirken verschiedener Reflexionen findet bei der Beurtheilung der Körperlichkeit eines Gegenstandes statt. Gewöhnlich folgt diese daraus, daß man zur Auffassung der verschiedenen Flächen auch verschiedener Einstellungen der beiden Augen bedarf und die abweichenden Bilder zu einem Ganzen combinirt. Betrachtet man mit dem linken Auge allein einen Körper, so sieht man etwas mehr von seiner linken Fläche; betrachtet man ihn mit dem rechten, so sieht man etwas mehr von der rechten Fläche; das Zusammenfallen beider Bilder bedingt den Eindruck der Körperlichkeit des Reliefs. Hierauf

beruht die Einrichtung der sogenannten Stereoskope, in welchen man vor jedes Auge das gesonderte Bild eines Körpers bringt, das perspectivisch für dieses Auge entworfen ist, und wo dann durch das Zusammenfallen der beiden Bilder diese als ein einziger körperlicher Gegenstand aufgefaßt werden. Sieht man z. B. einen Kegel, dessen Spitze beim Anblicken mit beiden Augen gerade auf uns zu gerichtet scheint, bei unverrückter Kopfstellung nur mit einem Auge an, so erscheint uns seine Spitze nach innen gegen die Nase gerichtet; entwirft man sich zwei perspectivische Bilder dieses Kegels für beide Augen, so wird in dem für das linke Auge berechneten Bilde die Spitze nach rechts, in dem für das rechte Auge gezeichneten nach links gerichtet erscheinen; — bringt man nun diese Bilder in der richtigen Sehweite in einem Kasten z. B. an, wo durch eine mittlere Scheidewand jedes Auge das ihm zugehörige Bild abgesondert sieht, so werden beide Bilder gemeinschaftlich als ein körperliches aufgefaßt. Die jetzt allgemein als Spielzeuge verbreiteten Stereoskope sind aus zwei halben Sammellinsen gemacht, welche schon zur Uebereinanderschiebung der Bilder wirken. Die zu den Stereoskopen gefertigten Zeichnungen, Bilder und Photographieen sind nun in der Art aufgenommen, daß das eine Bild vom Standpunkte des linken, das andere von demjenigen des rechten Auges aus aufgefaßt ist. Der Eindruck des Körperlichen kann aber auch beim Sehen mit nur einem Auge durch eine Reihenfolge schneller Blicke erzeugt werden, welche die verschiedenen Flächen auffassen und die gesonderten Eindrücke als ein Ganzes erscheinen lassen. Endlich erscheint aber auch der Eindruck des Körperlichen bei der unmeßbar kurzen Beleuchtung durch den electrischen Funken, den Blitz, bei welcher eine Wiederholung mehrerer Blicke nicht stattfinden kann.

Zu scharfem, deutlichem Einfachsehen mit beiden Augen gehört demnach nothwendig die vollkommene Beweglichkeit der beiden Augäpfel, wodurch die Sehaxen mit gleicher Leichtigkeit nach demselben Punkte gerichtet werden können. Bei verschiedener Schärfe beider Augen gewöhnt man sich indeß sehr leicht,

nur das bessere Auge zu gebrauchen und das schwächere gar nicht auf den Gegenstand einzustellen; hierauf, sowie auf manchen anderen krankhaften Verhältnissen, beruht sehr oft das Schielen. Es würde zu weit führen, hier auf die ursächlichen Bedingungen der abnormen Augenstellungen, welche man unter diesem Ausdrucke begreift, einzugehen; — es ist leicht einzusehen, welchen Nachtheil eine solche krankhafte Stellung der Augen, wobei beide Augenaxen nicht auf denselben Punkt eingestellt sind, auf den Sehproceß im Allgemeinen ausüben müssen.

Jedes auf der Netzhaut erzeugte Bild bedarf einer gewissen Zeit, während welcher es empfunden wird; die Dauer, so kurz sie auch sein mag, läßt sich durch mechanische Verrichtungen bestimmen. Jeder weiß, daß eine glühende Kohle, die man mit großer Geschwindigkeit im Kreise schwingt, nicht als runder Körper, sondern als feuriger Kreis erscheint. Jedenfalls entstehen eben so viele Netzhautbildchen bei dem Umschwunge, als die Kohle Punkte im Raume berührt; die Kohle hat aber ihren Umschwung vollendet und ein letztes Netzhautbildchen erzeugt, ehe die Empfindung des ersten noch verschwunden ist, und so erscheint sie als feuriger, zusammenhängender Kreis. Eine Menge niedlicher Spielwerkzeuge beruhen auf dieser Dauer des Netzhautbildchens. Man malt auf eine Scheibe, die man schnell drehen kann, z. B. einen Seiltänzer in zwölf verschiedenen Stellungen. Auf dem ersten Bildchen steht er aufrecht, im zweiten erscheint er etwas über dem Seile, im dritten höher, im vierten noch höher, und so fort bis zum letzten, so daß alle verschiedenen Bilder die einzelnen, im Sprunge und Tanze auf dem Seile ausgeführten Bewegungen in rhythmischer Reihenfolge darstellen. Dreht man nun schnell die Scheibe, so scheint der Seiltänzer in lebhafter Tanz- und Sprungbewegung, weil jedes neue Bildchen erscheint, ehe der Eindruck des alten verschwunden war, und so die Verschmelzung der Bilder den Gesammteindruck der Bewegung hervorruft. Durch Bestimmung der Drehungsgeschwindigkeit solcher Apparate hat man berechnet, daß die Dauer eines Netzhautbildchens etwa 2—3 Tertien betrage, mithin jeder Ein-

druck, der sich innerhalb dieser Zeit wiederholt, als mit dem vorigen verschmolzen empfunden wird.

Unser Auge ist kein vollkommen achromatisches Werkzeug; mit andern Worten, es erzeugt Farbensäume, welche dadurch hervorgebracht werden, daß die verschiedenen Farbenstrahlen nicht in gleicher Weise gebrochen werden, die von ihnen erzeugten Bilder also einander nicht decken. Man kann dies bei unseren Instrumenten dadurch corrigiren, daß man zur Herstellung einer Linse zwei verschieden brechende Substanzen nimmt, z. B. Flint- und Crown-Glas, deren Fehler einander möglichst aufheben. Im Auge ist dies nicht geschehen, doch wird der Fehler in der gewöhnlichen weißen Beleuchtung des Sonnen- und Tageslichtes nicht bemerkt, weil die mittleren gelben, grünen und blauen Farben des Spectrums weit lichtstärker sind und die lichtschwachen rothen und violetten Farbenbilder auslöschen.

Dieser Fehler hat indessen keinen Bezug auf die Auffassung der Farben selbst, die uns in größter Sättigung in den Farben des Spectrums entgegen treten. Die meisten Menschen können dieselben unterscheiden und unterscheiden sie in derselben Weise, obgleich auch hier Uebung Vieles thut, namentlich was die feineren Abstufungen betrifft. Arbeiter in der Fabrik der Gobelins in Paris unterscheiden augenblicklich Schattirungen, die mein Auge, das ich hinlänglich durch Malen geübt zu haben glaubte, auch bei der größten Aufmerksamkeit verwechselte. Indeß kommen nicht selten Menschen vor, welche einzelne Farben nicht unterscheiden können und der bekannte Physiker Dalton namentlich war in diesem Falle. Das Grün eines Buchbaumes, welcher in frischem Blätterschmucke des Frühlinges prangte, schien ihm genau dieselbe Farbe, wie der rothe Uniformrock eines englischen Officiers. Meistens indeß findet sich diese Unmöglichkeit der Farbenunterscheidung nur bei schwächerem Grade der Färbung, und viele Menschen sind unfähig, solche Grade zu unterscheiden, ohne sich dessen bewußt zu werden. Einer meiner Freunde lernte seinen Fehler erst durch die Frage seiner Frau kennen, welcher er während einer Abwesenheit stets auf rosen-

rothem Papier geschrieben hatte. Er stand in dem festen Glauben, weißes Papier benutzt zu haben, während die Gattin die Wahl der Farbe als eine zarte symbolische Anspielung betrachtete. Am leichtesten werden die Nuancen des Gelb unterschieden, am schwierigsten die des Roth und des Grün, und bei dem Verwechseln der Farben, welches seltener vorkommt als die mangelhafte Auffassung des Grades und der Nuance, sind es ebenfalls Roth und seine Mischungen, welche am leichtesten der Auffassung entgehen. Die Farbenblindheit ist meistens Rothblindheit; das Roth wird nur als größere oder geringere Helligkeit empfunden. So giebt es viele Personen, die Ziegelroth, Rostbraun und Dunkelolivengrün nicht zu unterscheiden vermögen, andere Rosenroth, Lila, Violettgrau und Himmelblau, und bei genauerer Untersuchung findet man, daß im Durchschnitte der zehnte bis zwanzigste Mensch an diesem Fehler des mangelhaften Farbensehens leidet. Ich habe sogar merkwürdiger Weise unter meinen Bekannten Landschaftsmaler gefunden, die den Unterschied zwischen Grün und Roth nicht kannten, die Abstufungen dieser Farben nur nach den Nuancen des Grau beurtheilten, das sie wirklich sahen, und dennoch in ihren Bildern keine Verstöße gegen die Harmonie und Stimmung der Farbe machten. Neueren Untersuchungen zu Folge ist sogar jeder Mensch am äußeren Rande seines Gesichtsfeldes rothblind und am äußersten Rande werden nur Helligkeitsunterschiede, aber gar keine Farben mehr unterschieden.

Das Verhalten unseres Auges zu den Farben der Körper hat zu den vielfältigsten Untersuchungen Veranlassung gegeben, die großentheils nicht ohne Gefahr für das Auge selbst sind. Bekanntlich besteht das weiße Licht aus einer Anzahl verschiedener Strahlen, die durch das Prisma von einander getrennt und isolirt aufgefaßt werden können. Die verschieden gefärbten Strahlen dieser Regenbogenfarben hängen von Wellenschwingungen des Lichtäthers ab, die von verschiedener Länge sind. Der rothe Strahl hat die längsten, der violette die kürzesten Wellen. Außerhalb dieser Farbenstrahlen liegen noch andere, die wir nicht

mehr als Licht, sondern nur als dunkle Wärmestrahlen auffassen. Die einzelnen Nuancen werden durch Mischungen dieser Grundfarben hervorgebracht und die Zusammenmischung aller giebt wieder das weiße ungefärbte Licht.

Man glaubte uun früher, daß die Mischfarben, welche aus der Vermengung verschiedener Farbestoffe entstehen, demselben Gesetze folgen, wie die Mischung der gefärbten Lichtstrahlen selber. Für den Physiker wie für den Maler existiren nur drei Grundfarben; aber für den ersteren sind es Grün, Violett und Roth, für den letzteren dagegen Gelb, Blau und Roth. Die Mischung dieser drei Malerfarben in verschiedenem Verhältniß erzeugt alle Farben vom tiefsten Schwarz durch sämmtliche Töne hindurch. Blau und Gelb bildet Grün; Grün mit Roth Braun u. s. w. Neuere Untersuchungen haben aber gezeigt, daß die Mischfarbe, welche wir bei dem Mengen zweier Farbestoffe erblicken, nicht von der Vermischung zweier verschiedener Farbestrahlen abhängt, sondern von der Durchlassung gefärbter Strahlen durch das Gemenge. Die Mischung der Farbestrahlen des Prisma's, die man auch durch den sogenannten Farbenkreisel erzeugen kann (eine Scheibe, auf die man verschiedene Farben aufträgt und die hernach in so schnellem Schwunge herumgedreht wird, daß die Eindrücke dieser Farben sich mischen); diese Mischung liefert das Resultat, daß man fünf Grundfarben : Roth, Gelb, Grün, Blau, Violett, annehmen muß, und daß die Mengung dieser Farbestrahlen ganz andere Töne giebt, als die Mengung der Farbestoffe. Jeder, der sich ein bischen mit Malerei beschäftigt hat, wird sogleich sehen, wie außerordentlich verschieden die nachstehenden Mischungstabellen sind :

Farben :				Mischung prismatischer Farbenstrahlen :	Mischung von Farbestoffen bei der Malerei :
Roth	und	Violett	giebt	Purpur	Purpur
„	„	Blau	„	Rosa	Violett
„	„	Grün	„	Mattgelb	Grau
„	„	Gelb	„	Orange	Orange
Grün	„	Blau	„	Blaugrün	Blaugrün

Farben:			Mischung prismatischer Farbenstrahlen:	Mischung von Farbestoffen bei der Malerei:
Gelb und	Violett	giebt	Rosa	Grau
„ „	Blau	„	Weiß	Grün
„ „	Grün	„	Gelbgrün	Gelbgrün
Grün „	Violett	„	Blaßblau	Grau
Blau „	„	„	Indigoblau	Dunkelviolett.

Gelb und Blau giebt hier Weiß, bei Mischung der Farbestoffe dagegen Grün. Die Erklärung für diesen Unterschied beruht auf dem Durchlassen des Lichtes. Blaue Körper lassen grünes, violettes und blaues Licht durch; gelbe Körper dagegen sind für grünes, rothes und gelbes Licht durchgänglich. In dem gemischten Farbestoffe wird das rothe und gelbe Licht von den blauen Farbetheilchen, das blaue und violette dagegen von den gelben Farbetheilchen zurückgehalten, und nur die grünen Farbestrahlen gehen ungehindert durch beide. Man könnte also wohl sagen, daß bei der Mischung von Farbestrahlen eine directe positive Mischfarbe erzeugt wird, bei der Mischung von Farbestoffen dagegen eine indirecte negative, bedingt durch die Ausschließung der anders gefärbten Strahlen.

Von besonderer Wichtigkeit für die Beurtheilung der Farben ist nun die Nebeneinanderstellung derselben in der Art, daß verschieden gefärbte Lichtstrahlen gleichzeitig verschiedene Orte der Netzhaut berühren, wodurch Empfindungen und Auffassungen erzeugt werden, welche durchaus verschieden sind von denen, die jeder dieser Lichtstrahlen erzeugt haben würde, wenn er zu verschiedenen Zeiten die Netzhaut getroffen hätte. Der Laie, welcher dem Maler beim Beginnen eines Bildes zuschaut, begreift oft nicht, wie dieser einen Farbenton für einen bestimmten Gegenstand wählen könne, der mit seiner Auffassung der Farbe in directem Widerspruche steht. Erst wenn das Bild fertig und die anderen Farben durch ihren Contrast jenen Ton hervorgehoben haben, sieht er, daß dieser der richtige war. Zur Hervorbringung dieser Wirkungen gehören indeß mancherlei, zum Theil noch unerforschte Bedingungen. Das weiße Licht nimmt nur dann Nebenfarben oder sogenannte Ergänzungsfarben an, wenn die Farbe-

strahlen selbst noch mit weißem Lichte gemischt und das Weiß ebenfalls gedämpft ist. Unter diesen Bedingungen sieht man folgende Ergänzungsfarben :

Weißes Licht erscheint Grün, wenn gleichzeitig Roth auffällt
" " " Violett, " " Gelb "
" " " Blau " " Orange "

und umgekehrt, es erscheinen die weiß erleuchteten Stellen Roth, Gelb, Orange, wenn andere Orte desselben Auges gleichzeitig von Grün, Violett, Blau getroffen werden. Da aber bei unseren Farbenmischungen niemals rein weißes Licht angewandt wird und wir stets nur verschieden gefärbte Strahlen zusammen auffassen, so verwickelt sich die Untersuchung weit mehr, und man kann im Allgemeinen nur den Satz aufstellen : daß die schwächere Farbe, je näher sie dem Weiß steht, um so mehr mit dem Ergänzungstone der stärkeren Farbe sich mischt, so daß also z. B. ein helles Rosa neben einem tiefen Roth eine grünlich-graue Tinte annimmt. Es kommen hier drei Elemente in Betracht : der Ton der Farbe, ihre Sättigung und ihre Helligkeit oder Lichtstärke und die Auffassung der Mischungen dieser Elemente ist wenigstens in Beziehung auf die ästhetische Befriedigung sowohl der Individuen als ganzer Völkerstämme sehr verschieden.

Der Eindruck, den eine lebhafte Farbe auf die Netzhaut macht, verliert sich nach und nach durch eine Reihe von Nachbildern, die in bestimmten, vielleicht nach den einzelnen Individuen verschiedenen Farbenreihen abklingen, und die um so stärker sind, je stärker und länger andauernd der Eindruck war. Zuerst erscheinen diese Nachbilder in den Ergänzungsfarben, später klingen sie unmerklich ab, so daß man nur bei speciell gesteigerter Aufmerksamkeit sie verfolgen kann. Betrachtet man einen hellrothen oder hellgelben Gegenstand lange auf weißem Grunde, bis das Auge ermüdet, und blickt man weg, so erscheint das Ergänzungsbild in grüner oder blauer Farbe. Man hat diese Reaction der Netzhaut zu mancherlei Spielwerken benutzt, indem man namentlich Portraits mit den Ergänzungsfarben schreiend anmalt, das Gesicht grünlich, den Rock roth, u. s. w. Starrt

man solche Bilder längere Zeit an und wirft dann den Blick gegen die Decke des Zimmers, so sieht man das Nachbild des Portraits in seinen natürlichen Farben, welche die complementären der bizarren Färbung sind. Offenbar hängen die meisten dieser Erscheinungen davon ab, daß die Nervenelemente, welche eine bestimmte Grundfarbe aufnehmen, ermüdet und momentan erschöpft werden, so daß dann die anderen, welche bisher nicht getroffen wurden, in einen gewissen Reizzustand gerathen. Das Auge, welches längere Zeit schreiendes Roth anstarrt, wird für einige Zeit durch Ermüdung rothblind, bis es wieder sich allmählich erholt und aufs Neue für rothe Strahlen empfänglich wird.

Auf diese und eine Menge ähnlicher Erscheinungen gestützt, nahm schon Young früher an, daß in der Netzhaut für die drei Grundfarben des Spectrums, Roth, Grün und Violett, auch drei specifisch gesonderte Nervenelemente existiren müssen, und Helmholtz hat neuerdings diese Ansicht mit vielen gewichtigen Gründen belegt, auf die wir uns versagen müssen einzugehen. Wahrscheinlich sind es bei den höheren Thieren die Zapfen der Netzhaut, welche zugleich Farben empfinden. Dafür spricht die Thatsache, daß die im Dunkeln lebenden Thiere, wie Igel, Maulwurf, Fledermaus keine oder nur sehr wenige Zapfen besitzen und daß sie sogar bei Eulen selten sind, während alle übrigen Tagvögel sehr viele und sogar durch ihren Bau verschiedene Zapfen besitzen. In der Dunkelheit aber hört die Farbenempfindung auf und nur die Lichtempfindung bleibt; bei Nacht sind alle Katzen grau, sagt schon ein altes Sprichwort.

Auf eine eigenthümliche Reihe von Erscheinungen, die mehr oder minder fast in jedem Auge vorkommen, verdient hier noch besonders aufmerksam gemacht zu werden. Es versteht sich wohl von selbst, daß nicht nur von den äußeren Objecten, sondern auch von den im Auge selbst befindlichen Gegenständen Bilder auf der Netzhaut entworfen und empfunden werden, die freilich meist undeutlich und vage sein müssen, da die Gegenstände nicht in gehöriger Sehweite liegen. Sind die verschiedenen vor der Netz-

haut gelegenen Theile, welche Lichtstrahlen durchlassen können, vollkommen durchsichtig und wasserklar, so können sie keine Bilder entstehen lassen, während jeder trübe oder undurchsichtige Körper sogleich muß wahrgenommen werden. In der That sind aber diese Theile nicht vollkommen klar, sondern etwas trübe und außerdem haben die meisten Leute kleine Unvollkommenheiten in den durchsichtigen Medien des Auges, welche beim aufmerksamen Schauen in den Himmel oder beim Spähen durch Mikroskope und Fernröhre sich störend in die Sehaxen stellen, meist durch einen Ruck entfernt werden können, zuweilen aber selbst sehr lästig für das Sehen werden. Es stellen sich diese Körper in Gestalt von Perlschnüren, Rosenkränzen, geschlängelten Fäden dar, die stets in derselben Form wieder erscheinen und besonders bei Reizung und beginnender Ermüdung der Netzhäute sehr deutlich in das Gesichtsfeld treten. Wohl alle Mikroskopiker, deren Bekanntschaft ich gemacht, besaßen eine solche Figur, auf welche die Beschäftigung aufmerksam gemacht hat; ich selbst besitze eine solche in Form eines fliegenden Drachen, wie man deren als Spielwerk in die Höhe steigen läßt, und ich erinnere mich, schon in meiner frühesten Jugend auf diese Figur aufmerksam geworden zu sein, die mich damals sehr quälte, da ich sie mit allerlei kindlichen Vorstellungen über den Teufel in Zusammenhang brachte. Ebenso aber wie viele Menschen auf einem Auge blind sind, ohne es zu wissen und erst darauf aufmerksam werden, wenn das gesunde Auge erkrankt, so erfahren die Meisten erst die Existenz solcher Figuren in ihrem Auge, wenn ein besonderer Umstand sie ihnen vorführt.

Nicht zu verwechseln mit solchen Figuren sind die wirklichen subjectiven Gesichtsphänomene, welche von Reizungen und partiellen Lähmungen der Netzhäute und Sehnerven ausgehen. Der Sehnerve reagirt auf jeden Reiz durch Empfindung seines specifischen Gebietes, durch Lichtempfindung; was für den Gefühlsnerven der Schmerz ist, das ist für den Sehnerven das Licht, und so wird es begreiflich, daß bei beginnenden Krankheiten der Sehnerven und der Netzhäute, bei großer Reizung derselben

allerlei sonderbare Lichtphantome erscheinen, glänzende Punkte, dunkle Stellen, sogenannte fliegende Mücken, welche meist Vorläufer gänzlicher Lähmungen, des schwarzen Staares sind. Schon Mancher, der kleine Trübungen auf der Hornhaut, in der Linse, im Glaskörper besaß, die ihn nur einigermaßen genirten, aber nicht sehr im Sehen hinderten, hat ein gequältes Leben zugebracht, weil er die Bilder, die auf diese Weise erzeugt wurden, für fliegende Mücken und Vorboten des schwarzen Staares und völliger Blindheit ansah, während eine genauere Kenntniß der Gesetze des Sehens ihn leicht über diese Unvollkommenheit seiner Augen getröstet haben würde.

Fünfzehnter Brief.

Die übrigen Sinne.

Wenn die Mechanik des Auges eben so klar und offen unserem wissenschaftlichen Streben vorliegt, als das Organ selbst an dem Kopfe sich zeigt, so theilt das Gehörorgan mit seiner tiefen, versteckten Lage auch die Verborgenheit seiner Functionen. Wir wissen, daß wir mit den Ohren hören; — auf welche Weise aber das Hören zu Stande komme, ist bei weitem noch nicht klar, und die vielfachsten Versuche zur Erklärung dieser wichtigen Function haben theils an der Unvollkommenheit der Akustik, theils auch an der Mangelhaftigkeit unserer anatomischen Kenntnisse unübersteigliche Hindernisse gefunden. Der größte und wichtigste Theil des Gehörorganes ist in starre Knochen eingeschlossen; tief verborgen wie es ist in der Basis des Schädels, entzieht es sich allen unmittelbaren Beobachtungen während des Lebens. Während wir die Bewegungen, die Veränderungen des inneren Auges, den Gang der Lichtstrahlen in demselben leicht im Leben oder in dem herausgenommenen Auge beobachten können, während unsere Instrumente überall Zugang finden, ist es bei dem Ohre kaum möglich, durch Vivisectionen sich Auskunft über die Function der einzelnen Theile zu verschaffen, da die zu solchen Untersuchungen nothwendigen Eingriffe so bedeutend auf andere wichtige Theile in der Umgebung einwirken, daß es unmöglich ist, reine Schlüsse aus den Resultaten zu ziehen.



Fig. 59.

Die Gebilde des Gehörorgans in vergrößertem Maßstabe. Das äußere Ohr führt in den Gehörgang a, der mit dem scheibenförmigen Trommelfelle endet. Die Paukenhöhle ist aufgeschnitten, um die in ihr enthaltenen Theile zu sehen. Aus ihr führt die Eustachische Trompete b in die Rachenhöhle. Die Gehörknöchelchen sind in ihrer Lage. Auf dem Ambose c ist der Kopf des Hammers d eingelenkt, dessen langer Stiel in das Trommelfell eingelassen ist. Der Steigbügel f steht in dem eirunden Fenster des Vorhofes, über welchem die drei halbzirkelförmigen Kanäle sich erheben. Das runde Fenster o führt in die Schnecke, hinter welcher der Hörnerve n zu dem Labyrinthe tritt. Die Proportionen zwischen äußerem und innerem Ohr sind zu Gunsten des letzteren übertrieben.

Das *äußere* Ohr bildet einen eigenthümlich gewundenen, knorpeligen Halbtrichter, in dessen Mitte sich der Eingang einer

Röhre, des Gehörganges befindet, welche quer nach innen in den Kopf hineinführt. An seinem inneren Ende ist der Gehörgang vollkommen durch eine elastische, quergespannte Haut, das sogenannte Trommelfell, geschlossen. Eine rohe Nachbildung des ganzen äußeren Ohres, Ohrmuschel, Gehörgang und Trommelfell, würde also etwa in der Art auszuführen sein, daß man die Röhre eines gewöhnlichen Blechtrichters an seinem unteren Ende mit einem Stückchen Blase verbände. Offenbar ist das ganze äußere Ohr nur ein Zuleitungsapparat der Schallwellen. Man hat gefunden, daß der Winkel, unter welchem die Muschel vom Schädel absteht, ziemlichen Einfluß auf das Hören hat, daß platt anliegende Ohren nicht so scharf hören, als solche, welche etwa um 30 oder 40 Grad von den Schädelknochen abstehen. Verstopfung des äußeren Gehörganges durch fremde Körper, zu große Anhäufung des Ohrenschmalzes, Unreinlichkeit oder Entzündung zieht Verminderung des Hörens, oft selbst völlige Taubheit nach sich.

Das Trommelfell, welches nach Außen etwas convex, nach Innen concav ist, scheidet den äußeren Gehörgang von einer zweiten Höhle, der Paukenhöhle ab, welche im Ganzen betrachtet ähnliche Verhältnisse darbietet, wie der äußere Gehörgang. Es ist ein im Knochen ausgehöhlter, rundlicher Raum, der durch eine ziemlich lange Röhre, die Eustachische Trompete genannt, sich in dem oberen Theile der Rachenhöhle, hinter den Nasenöffnungen, am hinteren Gaumen öffnet. Führt man eine eigenthümlich gekrümmte Sonde in ein Nasenloch ein und horizontal weiter, bis man hinten an der Wölbung des Rachens anstößt, so trifft man leicht bei einiger Uebung in die offene Mündung der Eustachischen Trompete, deren enger Kanal schief nach außen und oben in die Paukenhöhle oder Trommelhöhle einführt. Diese ist demnach kein durchaus geschlossener Raum, sondern mittelbar, durch Mund und Nase, mit der äußeren Luft in Verbindung gesetzt. Verstopfungen der Trompeten durch Entzündungen und andere krankhafte Veränderungen erscheinen von wesentlichem Einflusse auf das Gehör, welches dadurch dumpfe-

und schwächer wird; in welcher bestimmten Beziehung sie aber zu den Functionen des Hörens stehen, ist noch nicht hinlänglich aufgeklärt. Es scheint indessen, als seien die Eustachischen Trompeten besonders wesentlich als Resonanzapparate und anderntheils als Auswege für die in der Trommelhöhle befindliche Luft bei starken Erschütterungen des Trommelfelles. Bei starken Tönen und Klängen, dem Abfeuern einer Kanone z. B., öffnen wir unwillkürlich den Mund; sicher in der Absicht, um der heftigen einseitigen Erschütterung, welche das Trommelfell bei alleinigem Offensein des äußeren Gehörganges erleiden würde, durch Eröffnen eines von entgegengesetzter Seite herzuführenden Kanales entgegen zu wirken. Durch gehörig geleitete Schluckbewegungen kann man Luft durch die Eustachische Trompete in die Trommelhöhle pumpen.

Mit der Trommelhöhle in offener Communication stehen einige in den umliegenden Knochen befindliche Zellen, die namentlich den Zitzenfortsatz des Schläfenbeines anfüllen. Im übrigen ist die Trommelhöhle, mit Ausnahme der Eustachischen Röhre, vollkommen geschlossen und unabhängig von den übrigen Theilen des Gehörorganes. So wie sie von dem äußeren Gehörgange durch eine straffe Haut, das Trommelfell, geschieden ist, so finden sich dem Trommelfelle gegenüber, im Hintergrunde der Höhle, zwei andere, ebenfalls nur durch sehnige Häute geschlossene Oeffnungen, deren eine, von eiförmiger Gestalt und deshalb das ovale Fenster genannt, in einen bedeutenden Theil des inneren Ohres, den Vorhof, führt, während die andere kleinere Oeffnung, oder das runde Fenster, zur sogenannten Schnecke hinleitet.

Eine merkwürdige Kette kleiner Knöchelchen, der Gehörknöchelchen, ist zwischen dem Trommelfelle einerseits und dem ovalen Fenster anderseits durch die ganze Länge der Trommelhöhle durchgespannt. Das vorderste dieser Knöchelchen, der Hammer, steckt mit seinem Stiele mitten in der Membran des Trommelfelles, so daß dieses nicht im Mindesten erschüttert werden kann, ohne daß der Hammer ebenfalls in Schwingung

geriethe; mit seinem hinteren Ende, dem dickeren Kopfe, ist der Hammer an ein zweites kleineres Knöchelchen eingelenkt, welches der Ambos heißt und etwa die Form eines Backenzahnes mit weit auseinander stehenden Wurzeln hat. Die eine dieser Wurzeln liegt horizontal, an ihrem Ende befindet sich ein kleines loses Knöpfchen, das Linsenknöchelchen, welches zwischen den Ambos und den Kopf des letzten Knochens, des Steigbügels, eingeschoben ist. Der letzte Name ist gewiß der glücklichst gewählte von allen Bezeichnungen der Ohrknöchelchen; der Steigbügel hat in der That durchaus die Form, wie sie in Europa gebräuchlich ist. Der Knopf des Steigbügels ist mit dem Linsenknöchelchen und durch dieses mit dem Ambos eingelenkt; der Tritt, worauf der Fuß zu stehen kommen würde, ist ebenso in die Membran des eirunden Fensters eingewoben, wie der Hammerstiel in dem Trommelfelle sitzt. Es ist mithin quer durch die Trommelhöhle eine Reihe von beweglich in einander eingelenkten Knöchelchen ausgespannt, mittelst welcher eine directe Verbindung des Trommelfelles und des ovalen Fensters hergestellt ist; eine Verbindung, welche, wie wir später sehen werden, von der höchsten Wichtigkeit für das Hören selbst ist. Verschiedene kleine Muskelchen gehen von den Knochenwänden der Paukenhöhle an diese beweglichen Knöchelchen, besonders an Hammer und Steigbügel heran, und können ohne Zweifel durch ihre Zusammenziehung die verschiedenen Häute spannen, mit welchen die Knöchelchen in Verbindung stehen.

Das innere Ohr endlich oder das Labyrinth bildet eine nach allen Seiten hin vollkommen geschlossene Höhle, die von den härtesten Knochen des Kopfes, den Felsenbeinen, eingeschlossen ist und mancherlei seltsam gewundene Kanäle darbietet. Höhle und Kanäle sind von schleimigen Häuten ausgekleidet, welche geschlossene Säcke bilden und mit Flüssigkeit erfüllt sind. Als einzelne Theile unterscheidet man daran den Vorhof, eine längliche Höhle, in welche alle übrigen Theile des inneren Gehörorganes einmünden, drei Kanäle in Kreisform, die halbzirkelförmigen Kanäle, welche wie gekrümmte Röhren mit ihren beiden Enden

in den Vorhof einmünden, und endlich ein sonderbar gewundenes Organ, die **Schnecke**, die vollkommen einer aufgewundenen Schneckenschale gleicht, in deren Innerem noch ein Blatt liegt, welches die gewundene Höhle in zwei Abtheilungen theilt.

Das Verhalten der Gehörorgane in der Thierreihe kann schon einigermaßen einen Maßstab für die verhältnißmäßige Wichtigkeit der einzelnen Theile desselben abgeben. Zuerst verschwindet die Ohrmuschel, dann der Gehörgang, so daß das Trommelfell nackt und frei auf der äußeren Haut liegt. Bei den Wassersäugethieren und den Vögeln fehlt schon das äußere Ohr. Dann verschwindet in der Reihe der Reptilien und Amphibien das mittlere Ohr nach und nach, Paukenhöhle und Eustachische Trompete und Gehörknöchelchen, und man muß bei den Fischen das innere Gehörorgan tief in den Kopfknochen versteckt aufsuchen. Die Verkümmerung und Abnahme der Schnecke beginnt schon bei den niedersten Säugethieren und die Vögel haben keine gewundene Schnecke mehr, sondern ein flaschenförmiges Säckchen, das nach und nach bei den Reptilien zurücktritt. Die meisten Fische haben nur einen inneren Gehörsack, der meist halbfrei in der Hirnhöhle liegt, mit Vorhof und drei Kanälen, die weite Anfangsblasen (Ampullen) zeigen. Zuletzt, bei den niedersten Fischen, nehmen die halbzirkelförmigen Kanäle einer nach dem andern ab und verschwinden, bis bei den wirbellosen Thieren von dem ganzen Gehörorgan nur noch ein einfaches Bläschen, der reducirte Vorhof, übrig bleibt, zu welchem der Hörnerve tritt.

So wie am Auge durch die verschiedenen brechenden Medien desselben, Hornhaut, Linse und Glaskörper, ein Zuleitungsapparat hergestellt ist, durch welchen die Lichtstrahlen erst dem eigentlich empfindenden Apparate, der Netzhaut, zugeleitet werden, so sind auch in dem Gehörorgane äußeres Ohr und Paukenhöhle nur Leitungs- und Verstärkungsapparate der Schallwellen, welche dem Hörnerven zugeführt und von diesem empfunden werden. Es können im Gehörorgan demnach nur diejenigen Theile wirklich schallempfindend sein, auf welchen der Hörnerve sich verzweigt,

nämlich die innerste Membran des Vorhofes und das Spiralblatt, welches in der Schnecke sich befindet. Die Bogengänge des Labyrinthes erhalten durchaus keine Nervenfasern; diese gehen nicht weiter als an die blasenartigen Enden, womit die Bogengänge am Vorhofe beginnen und welche man Ampullen nennt. Weiter erstrecken sich die Nerven nicht; die Röhren der halbzirkelförmigen Kanäle sind demnach keine schallempfindenden Organe, sondern dienen wahrscheinlich nur dazu, die von beiden Seiten her kommenden Schallwellen, die sich in ihrer Krümmung treffen, durch den Zusammenstoß aufzuheben und zu vernichten.

Verhältnißmäßig einfach sind noch die Verhältnisse, welche sich in Bezug auf die Structur der schallempfindenden Theile des Ohres bei denjenigen Thieren zeigen, die keine Schnecke besitzen. Zur Versinnlichung derselben mögen die Nervenendigungen dienen, welche sich in den Ampullen der Bogengänge der Rochen

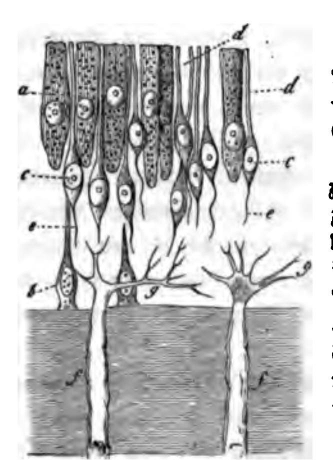


Fig. 60.
Präparation von der Scheidewand einer Ampulle des Keulen-Rochen (Raja clavata). a. Auf der Innenfläche aufsitzende Cylinderzellen mit Kernen. b. Auf der norpeligen Grundlage aufsitzende Grundzellen, die in Fäden auslaufen. c. Kernzellen der Hörstäbchen d, welche zwischen den Cylinderzellen stecken und nach unten in den Faden e auslaufen. f. Zwei durch den Knorpel hindurchtretende Fasern des Hörnerven, die sich bei g baumartig verästeln und deren Ausläufer wahrscheinlich mit den Fäden e der Hörstäbchen zusammen verschmelzen.

befinden. Die Rochen, wie die meisten übrigen Fische, besitzen nämlich in den Ampullen eine Art unvollständiger Scheidewand, auf welcher die Nervenenden sich finden. Einfache Cylinderzellen bilden einen Ueberzug dieser Scheidewand; zwischen ihnen aber finden sich Stäbchen, welche an ihrem inneren Ende Zellen tragen, die in feine Fäden ausgehen, zuweilen wohl auch noch

mit einer zweiten Grundzelle in Verbindung stehen und endlich mit den höchst feinen Ausläufern der plötzlich sich verzweigenden Nervenfasern zu verschmelzen scheinen. Die specifisch empfindenden Organe scheinen demnach auch hier eigenthümliche, mit Zellen in Verbindung stehende Stäbchen zu sein, ähnlich den Stäbchen und Zapfen der Netzhaut, ähnlich den Stäbchen, die sich auch in der Riechgegend der Nasenschleimhaut wiederfinden.

Weit verwickelter ist die Structur der Schnecke, die man sich als ein schraubenförmig gewundenes Rohr vorstellen kann. Wie schon bemerkt, wird dieses Rohr durch eine horizontale Knochenlamelle, die Spirallamelle, in zwei Kanäle getheilt, die man Treppen genannt hat und von welchen die untere durch das runde Fenster mit dem Vorhofe communicirt und deshalb die Trommeltreppe (Scala tympani) genannt wird, während die obere direct in den Vorhof führt und deshalb die Vorhofstreppe (Scala vestibuli) heißt. Die knöcherne Spirallamelle ist auf beiden Seiten von weicher Haut umgeben, reicht aber nicht bis an die äußere Wand des Rohres, so daß bei einem macerirten Knochen, wo durch Fäulniß die weichen Theile entfernt sind, die beiden Treppen nicht ganz vollständig getrennt sind. In der frischen Schnecke weichen aber die Membranen, welche die Spirallamelle überziehen, auseinander und bilden auf diese Weise einen dritten, im Durchschnitte dreieckig erscheinenden Raum, den Schneckenkanal (Canalis cochlearis), der da wo beide Membranen auseinander weichen, im Inneren die merkwürdigsten Bildungen zeigt. Hier zeigt sich nämlich eine Art fortlaufenden Polsters, das Corti'sche Organ, aus mehreren Reihen von Fasern gebildet, die durch gefensterte Epithelialhäute festgehalten werden und der Tastatur eines Claviers gleichen. An der Basis der Fasern finden sich Ganglienzellen, darüber Reihen glasheller Stäbchen, weiter Zellen mit höchst feinen Häärchen, — der Zusammenhang dieser Elementarorgane mit den letzten Enden der Fasern des Hörnerven ist noch nicht mit Sicherheit ermittelt; — einstweilen sind wir nur berechtigt, aus der Verschiedenheit dieser Endbildungen zu



Fig. 61.
Senkrechter Durchschnitt der Schnecke eines beinahe reifen Kalbsembryo's. Spindel und Spirallamelle noch nicht verknöchert. Man sieht in jeder Windung deutlich die drei Räume und die durch das Corti'sche Organ bedingte Verdickung.

schließen, daß das Ohr die Empfindungen des Schalles in ähnlicher Weise zerlegt, wie die Endbildungen der Netzhaut diejenigen des Lichtes.

Ein elastischer Körper, welcher von einem anderen gestoßen wird, geräth in wellenartige Schwingungen, die periodisch oder unperiodisch sein können. Unperiodische Schwingungen erzeugen das Geräusch; periodische, einfache, pendelartige Schwingungen, wie sie z. B. eine Stimmgabel hervorbringt, lassen den Ton empfinden. Je mehr Schwingungen der Körper in einer bestimmten Zeit macht, desto höher ist der Ton, welchen er hervorbringt. Unser Gehörorgan hat gewisse Grenzen, unterhalb und oberhalb welcher es den Ton nicht mehr vernimmt; der tiefste wahrnehmbare Ton beträgt etwa 14 bis 16 Schwingungen in der Secunde, und bei dieser Zahl schon gleicht er mehr einem brummenden Geräusch, als einem wahren Tone. Der höchste Ton, welchen unser Gehörorgan aufzufassen vermag, wird wohl an 70,000 Schwingungen in der Secunde erreichen. Es mag wohl keinem Zweifel unterliegen, daß noch höhere Töne existiren, deren Auffassung unserem Ohr unmöglich ist, und viele Erscheinungen lassen darauf schließen, daß die Ohren mancher Thiere gerade auf solche feinere Töne eingerichtet sind. Schon bei den einzelnen Menschen zeigen sich deutliche Verschiedenheiten, selbst wenn sonst ihr Gehör so ziemlich an Schärfe gleich ist, und während der Eine noch einen sehr hohen Ton hört, entgeht dieser dem Andern durchaus. Der Schrei der Fledermaus steht fast an der Grenze

des menschlichen Auffassungsvermögens und gar Viele haben ihn nie gehört; — es ist wohl nicht wahrscheinlich, daß die Natur einem Geschöpfe einen Lockton gegeben habe, der an der Grenze des Auffassungsvermögens überhaupt steht.

Unser Ohr faßt aber nicht nur einfache Töne, es faßt auch Klänge auf, das heißt zusammengesetzte Schwingungen, wo neben einem Haupt- oder Grundtone bestimmte Nebentöne schwächer miterklingen, also neben den Hauptschwingungen noch andere kürzere oder längere (obere und untere Töne) mit empfunden werden. Die specifische Klangfarbe hängt von diesen mitschwingenden Nebentönen ab. Wir unterscheiden sehr gut den Ton des Claviers, der Hoboe, der Geige, der Trompete z. B. an ihrer Klangfarbe und der geübte Musiker hört, wenn auch alle Instrumente unisono denselben Ton angeben sollten, augenblicklich dasjenige Instrument heraus, welches im Orchester einen Fehler macht. Helmholtz hat die Klänge der Instrumente auf die Weise analisirt, daß er Resonatoren anwandte, hohle Glaskugeln oder Cylinder mit zwei Oeffnungen, die auf einen bestimmten Ton abgestimmt sind. Steckt man nun die eine Oeffnung eines solchen Resonators in das Ohr, und verstopft das andere, so hört man den Ton des Resonators ungeheuer verstärkt, alle andere Tönen aber nur sehr schwach. Befindet sich also der Ton, auf welchen der Resonator abgestimmt ist, unter den Nebentönen eines Instrumentaltones, so wird man diesen statt des Hauptones hören, und durch lange und mühsame Versuchsreihen kann man auf diese Weise feststellen, welche Obertöne und in welcher Stärke mit dem Haupttone mitklingen müssen, um demselben den Klang z. B. der menschlichen Stimme oder eines bestimmten Instrumentes zu geben.

Der Gebrauch der Resonatoren zeigt schon, daß alle Körper auf gewisse Töne abgestimmt sind und in Schwingungen gerathen, sobald dieser Ton sie trifft. Schon Mancher ist dadurch überrascht worden, daß ein metallener Leuchter z. B. der auf und selbst neben einem Claviere stand, plötzlich hell zu klingen anfing, als ein bestimmter Ton angeschlagen wurde.

Es ist nun wahrscheinlich, daß die verschiedenen Elemente des Corti'schen Organes auch auf verschiedene Töne abgestimmt sind und nur dann erregt werden, wenn dieser bestimmte Ton in seinen Schwingungsstößen ihnen mitgetheilt wird. Daraus würde sich erklären, daß wir so viele Töne, Klänge, Klangfarben und Geräusche zu gleicher Zeit empfinden und zu einem Tonbilde vereinigen können. Letzteres ist offenbar Function des Gehirnes, welches die ihm vermittelten Tonzeichen eben so zu lesen und zu verstehen gelernt hat, wie die Lichtzeichen.

Diese Mittheilung verschiedener Zeichen läßt sich aber durch die Leitung im Ohre begreifen.

Die Schallwellen, welche ein schwingender Körper erzeugt, theilen sich allen Körpern in seiner Umgebung mit, allein nicht überall in gleichem Grade. Schwingungen fester Körper theilen sich am leichtesten wieder festen Körpern mit, in welchen auch die Schallwellen am Vollständigsten fortgeleitet werden; Uebertragung von Tonschwingungen fester Körper auf flüssige geschieht schon schwerer, und am Unvollständigsten findet sie von festen auf luftförmige Körper statt. Ein gleiches Verhältniß findet sich, wenn die Uebertragung in umgekehrter Reihe geschehen soll. Atmosphärische Luft, in Schwingungen versetzt, theilt dieselbe nur sehr schwer flüssigen und festen Körpern mit, während in Flüssigkeiten erzeugte Schwingungen sich sehr stark auf feste Körper übertragen. Die Mittheilungsfähigkeit wird indessen bedeutend erhöht, sobald gespannte, elastische Membranen und nicht durchaus solide Körper die Vermittler bilden. So theilen sich die Schallwellen der Luft dem Wasser sehr leicht mit, wenn sie erst durch eine gespannte Haut aufgefaßt werden; ebenso geschieht die Mittheilung von der Luft aus an feste Körper sehr leicht und vollständig, wenn diese letzteren mit einer gespannten Membran in Verbindung gesetzt werden.

Betrachtet man nun die Bildung des Gehörorganes im Vergleiche zu den angeführten Gesetzen der Leitung des Schalles, so erscheint dasselbe vorzüglich darauf berechnet, in seinem äußeren und mittleren Theile eine möglichst vollständige Leitung der

Schallwellen nach dem inneren Labyrinthe, dem eigentlich empfindenden Apparate, herzustellen. Die von der Ohrmuschel aufgefaßten Tonschwingungen der Luft werden durch ein Hörrohr, den Gehörgang, nach innen gegen eine ausgespannte elastische Membran, das Trommelfell, geleitet, welches offenbar den Zweck hat, die möglichst vollständige Uebertragung der Schallwellen auf die aus festen Körpern zusammengesetzte Kette der Gehörknöchelchen zu vermitteln. Diese, welche durch Muskeln gespannt werden können, setzen die Schallwellen nach innen bis zu dem ovalen Fenster fort, einer zweiten gespannten Membran, welche die Schallwellen mit großer Leichtigkeit der Labyrinth-Flüssigkeit mittheilt, durch welche dann endlich der Hörnerve afficirt wird.

Die ausgezeichneten Untersuchungen von Helmholtz über die Tonempfindungen haben ganz neue Gesichtspunkte für die Aufnahme der musikalischen Töne, ihre Verhältnisse zu einander rc. gewinnen lassen. Wir müssen uns versagen, darauf näher einzugehen.

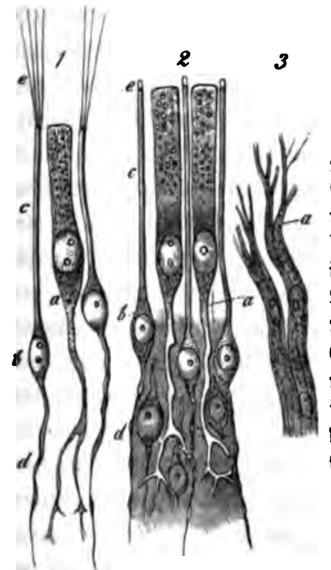


Fig. 62.
Mikroskopische Elemente der Riechgegend. 1. Vom Frosche. a. Kernhaltige Cylinderzelle des Epitheliums, nach innen in einen verästelten Faden auslaufend. b. Zelle des Riechstäbchens c, nach unten in den Faden d auslaufend und mit dem Büschel langer Wimpern e versehen. 2. Vom Menschen. a. Die geschwänzten Cylinderzellen, dazwischen die Stäbchen c mit dem Aufsatze e, der Zelle b und dem inneren Faden d. 3. Vom Hunde. Fasern des Riechnerven, in seine Aestchen zerfallend.

Die Nasenhöhle ist bekanntlich der Sitz des Geruchsinnes, der indessen bei weitem nicht in ihrer ganzen Ausbreitung, sondern nur in dem oberen Theile der Nasenscheidewand und den beiden oberen Muscheln durch die Fasern des ersten Paares, des Geruchsnerven, vermittelt wird. Der untere Nasengang, durch welchen bei dem Athmen die Luft gewöhnlich streicht, ist eben so unempfindlich für die Geruchseindrücke, wie die mannigfaltigen Nebenhöhlen der Nase, die zwischen den beiden Platten des Stirnbeines hinter und über den Augenbrauen, sowie in den Aushöhlungen des Wangenbeines und des Keilbeines an der Schädelbasis gelegen sind. Die ganze Ausbreitung der Nasenhöhle und dieser Nebenhöhlen ist mit der sogenannten Schneider'schen Haut ausgekleidet, als deren wesentlichstes Element sich ein Flimmerüberzug zeigt, der in beständiger Bewegung einen fortdauernden Strom der Flüssigkeiten auf der Schleimhaut unterhält. Die Zellen, auf welchen die schwingenden Wimpern stehen, sind außerordentlich empfindlich gegen Reagentien aller Art, sogar im Wasser verändern sie augenblicklich durch Aufquellen ihre Gestalt. Eben so leicht lösen sich diese Zellen los; man braucht nur mit einer Federspule die Nasenschleimhaut ein wenig zu kratzen, um dann im Schleime eine Menge losgelöster, noch wirbelnder Zellen zu finden. Beim Schnupfen lösen sie sich in Haufen los, sobald die Periode des stärkeren Ausflusses eingetreten ist. Doch fehlen diese Wimpern den Zellen gerade an der zur Aufnahme der Gerüche bestimmten beschränkten Stelle an dem oberen Theile der Scheidewand und der Muscheln, wo sich die Fasern des Geruchsnerven verbreiten, welcher man den Namen der Riechgegend gegeben hat und die sich durch eine gelbliche Färbung auszeichnet. Hier finden sich lange cylindrische wimperlose Zellen, unten mit einem Kerne versehen, von welchem ein Faden ausläuft, der mit seinen Verästelungen in der Schleimhaut sich verliert. Zwischen diesen Zellen stehen lange dünne Stäbchen, beim Menschen mit einem krystallhellen Aufsatze, beim Frosche mit ungemein langen Wimperhaaren versehen, deren tief nach unten gelegene Zellenkerne ebenfalls in knotige Fasern ausgehen, welche zuletzt mit den

Ausläufern der Fasern des Riechnerven in Verbindung treten. Wir sehen demnach hier, wie in den beiden übrigen specifischen Sinnesorganen, denselben Grundtypus der anatomischen Bildung, nämlich stäbchenartige Gebilde, welche die letzten Ausläufer der Nervenfaser darstellen und zur Aufnahme der specifischen Sinnesempfindung bestimmt sind.

Die Schleimhaut der Nase, die Schneider'sche Haut, nimmt also nur Tastempfindungen, keine Sinnesempfindungen auf. Ein einfacher Versuch bestätigt dies Ergebniß. Man kann die Nasenhöhlen eines auf dem Rücken liegenden Menschen, der den Kopf hintenüber hängen läßt, vollständig mit Wasser füllen, ohne daß dieses durch die hinteren Gaumenöffnungen abfließt, und ohne daß dadurch eine Geruchsempfindung bedingt würde.

Nimmt man statt reinen Wassers ein riechendes Wasser, z. B. solches, worin man einige Tropfen kölnischen Wassers geschüttet hat, so hat der Mensch dennoch schon bei dem Eingießen nicht die mindeste Geruchsempfindung. Die Riechstoffe müssen demnach, wenn sie einen Eindruck erzeugen wollen, stets in luftförmigem Zustande der Riechgegend zugeführt werden, und nur solche Körper werden gerochen, welche eine gasförmige Ausdünstung von sich geben. Man hat Messungen angestellt, um die Grenzen der Empfindung einzelner stark riechender Körper zu bestimmen, und es ist dabei zu wirklich erstaunlichen Resultaten für die Schärfe dieses Sinnes gekommen. Ein Luftraum, der höchstens ein Zehn-Milliontel seines Volumens von dem Dampfe des Rosenöles enthält, riecht noch sehr deutlich, und eine Flüssigkeit, die ein Zwei-Milliontel eines Milligrammes feinen Moschus enthielt, ließ ebenfalls noch deutlich den Geruch erkennen. Mancherlei Nebenbedingungen unterstützen aber die Empfindung. Dahin gehört namentlich die Bewegung des Luftstromes, besonders durch Schnüffeln, und die Erhaltung einer gewissen Temperatur. Wir halten den Athem an, wenn wir die Gerüche nicht empfinden wollen, und können auf diese Weise je durch Verstärkung oder Verminderung des hin- und herziehenden Luftstromes auch die Empfindung verstärken oder vermindern.

Mit den eigentlichen Geruchsempfindungen, deren genauere Wirkung uns durchaus unbekannt ist, darf man die feinen Tastempfindungen nicht verwechseln, welche in der Nasenschleimhaut ihren Sitz haben und dort durch den Nasenast des fünften Nervenpaares vermittelt werden. Die eigenthümliche Empfindung, welche der Salmiakgeist z. B. erregt, ist nicht eine Geruchsempfindung, sondern ein Tasteindruck, bedingt durch das Anätzen der Nasenschleimhaut. Viele Empfindungen mögen gewissermaßen aus beiden Eindrücken, aus Geruchs- und Tastempfindung, andere aus Geschmacks- und Geruchsempfindungen combinirt sein.

Die Rolle, welche der Geruchsinn dem allgemeinen Befinden gegenüber spielt, ist individuell außerordentlich verschieden. Menschen mit stumpfer Nase tragen den Geruchsempfindungen meist gar keine Rechnung, während bei anderen dieser Sinn vor allen anderen über Lust und Unlust, Behagen und Unbehagen entscheidet. Verschiedene Stimmungen des Centralnervensystemes ändern wesentlich das Verhalten gegenüber verschiedenen Geruchsempfindungen. Schon Mancher hat mit Erstaunen wahrnehmen müssen, daß Frauen, welche Blumen leidenschaftlich liebten, dieselben verabscheuten, nachdem sie hysterisch geworden waren und dagegen den Geruch des Teufelsdreckes oder gebrannter Federn allen anderen vorzogen.

Schon in einem früheren Briefe berührten wir die verschiedenen Verhältnisse, welche zur Geschmacksempfindung mitwirken. Wir sahen, daß die Zunge nicht allein der Verbreitungsort des eigentlichen Geschmacksnerven, sondern auch der Sitz eines höchst feinen Tastgefühles sei, und daß dasjenige, was wir als Geschmack bezeichnen, häufig eine Combination von Tastempfindung und eigentlicher Geschmacksempfindung sei. Der wahre Geschmack, namentlich für Bitterkeiten, wird erst in den hinteren Theilen der Mundhöhle, sowohl an der Zunge, als auch an dem Gaumenbogen erzeugt, obgleich nicht zu läugnen ist, daß die Zungenspitze neben ihrer so feinen Tastempfindung auch Geschmack für Süßes und Salziges hat. Eine wesentliche Bedingung für die Empfindung des Geschmackes scheint die Be-

wegung der Theile zu sein. Alle Geschmacksempfindungen, die man durch einfaches Betupfen der unbeweglich gehaltenen Theile erzeugt, sind durchaus unbestimmt, verwaschen, oder selbst so undeutlich, daß man sich keine Rechenschaft von ihnen geben kann. In demselben Augenblicke aber, in welchem eine Schluckbewegung gemacht oder die Zunge im Munde herumgewälzt wird, tritt auch die Empfindung auf das Deutlichste hervor. Jedenfalls besitzt die Zungenwurzel nicht nur die größte Empfänglichkeit für Geschmackseindrücke überhaupt, sondern auch die feinste Unterscheidungsfähigkeit, weshalb denn auch z. B. Weintrinker, welche die feineren Geschmäcke unterscheiden wollen, die Zungenwurzel mit dem Weine gurgeln, bevor sie ihn hinabschlucken. Die Feinheit des Geschmackes selbst ist außerordentlich verschieden, je nach den Individuen und nach den schmeckenden Körpern, die stets in wässeriger Lösung geboten werden müssen. Eine Flüssigkeit, die $^1/_{100}$ ihres Gewichtes Rohrzucker enthält, schmeckt nicht mehr süß. Die Grenze des Geschmackes für das Kochsalz findet sich etwa bei $^1/_{500}$, für wasserfreie Schwefelsäure und schwefelsaures Chinin etwa bei $^1/_{1000000}$. Bei allen solchen Messungen muß man indeß berücksichtigen, daß auch die absolute Menge einen Einfluß hat, und daß deshalb ein Tropfen einer solchen verdünnten Flüssigkeit weniger geeignet ist, eine Geschmacksempfindung hervorzurufen, als wenn man die ganze Mundhöhlung mit der Flüssigkeit füllt.

Wir müssen den Tastsinn, welcher übrigens in unserer ganzen Haut ausgebildet ist, wohl unterscheiden von dem allgemeinen Schmerzgefühl, welches jeder Empfindungsnerve erzeugt, und das auch zu Stande kommen kann, wenn das tastende Organ, die Haut, entfernt ist. Schon früher, als wir von den Eigenschaften der Nerven sprachen, machten wir darauf aufmerksam, daß die Verwundung oder Erregung eines empfindenden Nerven stets nur Schmerz erzeuge, der von dem Auffassungsvermögen an dem Orte der Nervenausbreitung selbst localisirt werde. Ebenso zeigten wir, daß im Centralorgane besondere Fasergruppen nur die Tastgefühle, nicht die Schmerzensempfin-

dungen leiten. Weitere Vorstellungen, wie sie bei dem Tasten, dem Fühlen auf der äußeren Haut entstehen, sind mit den Schmerzempfindungen nicht verbunden, und es sind demnach diese Tastvorstellungen wesentlich an den Bau der äußeren Haut und die im Centralorgane befindlichen besonderen Fasern geknüpft. Ueber diesen aber streitet man noch theilweise hin und her. Wie schon früher bemerkt, finden sich an den feinfühlendsten Stellen, wie in der Innenfläche der Finger, eigenthümliche, Tastkörperchen genannte, rundliche Gebilde, die wie aus aufeinander liegenden Blättern aufgeschichtet aussehen und zu welchen die Nervenenden hintreten.



Fig. 63.

Die Haut des Menschen in senkrechtem Durchschnitte. a. Aeußere verhornte Schicht der Oberhaut. b. Innere Schicht (Malpighi'sches Schleimnetz). c. Hautwärzchen. d. Gefäße der Lederhaut. e, f. Ausführungsgänge der Schweißdrüsen g. h. Fettanhäufungen. i. Nerven.

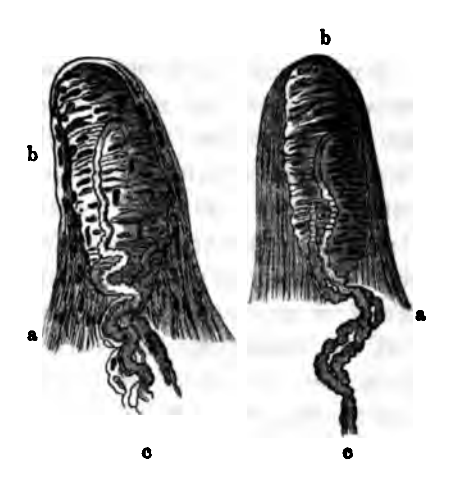


Fig. 64. Zwei Tastwärzchen der Haut. a. Von der Lederhaut gebildete Schicht. b. Inneres Polster von Bindegewebe. c. Eintretende Nerven.

Daß den Tastkörperchen weder Tastsinn noch Drucksinn allein zugeschrieben werden kann, geht einfach aus dem Umstande hervor, daß alle verschiedenen, durch die Haut vermittelten Empfindungen auch an solchen Stellen sich finden, wo keine Tastkörperchen vorkommen; es scheint aber aus Versuchen hervorzugehen, daß sie namentlich den Drucksinn erhöhen und der ungünstigen Dicke der Oberhaut entgegenwirken, indem sie eine härtere Unterlage für die Nervenenden herstellen, durch welche ein Druck, welcher anderwärts nicht empfunden werden würde, zur Auffassung gelangt.

Die Schärfe des Tastsinnes ist nicht nur bei den verschiedenen Individuen, sondern auch an den verschiedenen Hauttheilen großen Ungleichheiten unterworfen. Wie ausgezeichnet fein die Blinden fühlen, wie genau sie sich durch Beachtung der geringfügigsten Eindrücke, welche ihre Haut treffen, von verschiedenen Raumverhältnissen Rechenschaft geben können, welche wir durch unser Gesicht zu ermessen gewohnt sind, weiß Jedermann; der Tastsinn, durch seine feine Ausbildung, ersetzt hier gewissermaßen den Gesichtssinn, und der Blinde hat sich gewöhnt, von ihm Vor-

stellungen aufzunehmen, die uns nur durch den Gesichtssinn vermittelt werden. Man hat indessen, so viel ich weiß, noch keine vergleichende Beobachtung über die absolute Schärfe des Tastsinnes bei Blinden gemacht, welche in der Art, wie die Untersuchungen über die einzelnen Körpertheile, ein genaues Maß für den Tastsinn derselben abgäben. Es würden solche Untersuchungen nicht unwichtig sein für die Ansicht, welche man überhaupt sich von dem Tastsinne zu machen hat; es würde sich dabei herausstellen, ob die Sinne in materieller Hinsicht einer Verfeinerung fähig sind, oder ob das feinere Tastgefühl, welches wir bei den Blinden beobachten, nur eine Folge der Ausbildung des Vorstellungsvermögens ist, wodurch der Blinde die Eindrücke, die er empfängt, zu einem objectiven Anschauungsbilde umwandelt. Wir Sehenden, wenn wir eine Münze bei geschlossenen Augen betasten, fühlen vielleicht alle Vorsprünge der Buchstaben, des geprägten Kopfes eben so gut als ein Blinder, allein wir vermögen nicht die einzelnen Eindrücke zu einem Gesammtbilde zu vereinigen, wie der Blinde es thut.

Man hat die Schärfe des Tastgefühles an verschiedenen Theilen des Körpers in der Weise gemessen, daß man einen Zirkel aufsetzte, dessen Spitzen mit kleinen Korkstückchen maskirt waren. Man maß nun, wie weit man die Zirkelspitzen auseinander setzen mußte, um ihre beiden Eindrücke als getrennte zu empfinden, und indem man diese Methode über den ganzen Körper ausdehnte, konnte man eine vergleichende Tabelle der Schärfe des Tastgefühles unserer Hautoberfläche aufstellen, die indeß immer noch viel Willkürliches hat, da nicht nur die Werthe auf beiden Körperhälften verschieden ausfallen, sondern auch die Richtung des Aufsetzens der Zirkelspitzen, so wie die Methode selbst, manche Irrthümer herbeiführen können. So unterscheidet man an den meisten Theilen, besonders den Extremitäten, die beiden Zirkelspitzen weit leichter, wenn sie in der Quere gestellt werden, als wenn sie in der Längenaxe des Gliedes die Haut berühren. Ebenso ist der Uebergang von dem Gefühle als einfacher Punkt zu der Unterscheidung der beiden Zirkelspitzen ein

allmählicher; der Punkt scheint sich bei Oeffnung der Spitzen auszudehnen, zu wachsen, eine elliptische Gestalt anzunehmen, bis endlich die beiden Endpunkte der Axe der Ellipse sich trennen und als zwei selbstständige Punkte gefühlt werden.

Die Zungenspitze ist der feinfühlendste Theil des Körpers; man unterscheidet noch die Zirkelspitzen, wenn ihre Entfernung nur eine halbe Linie beträgt. Nach der Zungenspitze folgen die inneren Flächen der letzten Fingerglieder, mit welchen wir gewöhnlich tasten und deren Schärfe im Mittel sieben Zehntel einer Linie beträgt; die rothen Theile der Lippen, die inneren Flächen der zweiten und dritten Fingerglieder fühlen eine Entfernung von anderthalb Linien im Durchschnitte; die Nasenspitze, Seite und Rücken der Zunge, die äußeren Theile der Lippen schwanken zwischen 2—3 Linien, die Rückenfläche der Finger, die Wangen zeigen eine Verhältnißzahl von 4 Linien und etwas mehr. Weitere ungefähre Verhältnißzahlen sind : Stirne 6 Linien. Scheitel $9^1/_2$ Linien. Kniescheibe 10 Linien. Fußrücken 12 Linien. Oberarm 14 Linien. Hinterbacke 13 Linien. Oberer Theil des Rückens in der Mittellinie 19 Linien. Rückenwirbelsäule in der Mitte 24 Linien. Man sieht demnach, daß auf der Mittte des Rückens eine Unsicherheit von mehr als zwei Zollen für einen Eindruck existiren muß, und wir wissen sehr wohl aus eigener Erfahrung, daß diese wirklich existirt. Auch auf den anderen Körpertheilen herrscht eine je nach Verhältniß größere oder kleinere Unsicherheit in der Empfindung, und es liegt nur in dieser Unsicherheit der Grund, daß wir einen Floh z. B., der uns sticht, nicht unmittelbar fangen, sondern meist daneben tappen, wenn wir ihn nicht sehen, eben weil das punktgroße Geschöpf der Unsicherheit in der Localisation der Empfindung entspricht.

Durch den Druck, welchen schwerere Körper auf eine Stelle unserer Haut ausüben, wird eine Empfindung erzeugt, deren Größe wir gewissermaßen abzuschätzen vermögen, so daß man, wenn auch nicht ganz mit Recht, von einem Drucksinn der Haut reden kann. Ueberall, wo eine Tastempfindung stattfinden soll, muß zwar ein gewisser, wenn auch je nach den Hautstellen

verschiedener Druck angewendet werden, dessen Wahrnehmung namentlich dann, wenn er sehr schwach ist, durch die Gegenwart der feineren Härchen auf der Haut begünstigt wird, während andererseits die Dicke der Oberhaut dieser Wahrnehmung entgegenwirkt. Die Feinheit des Drucksinnes ist indessen bei weitem nicht so bedeutend, als diejenige der Tastgefühle, und deshalb der Unterschied zwischen den einzelnen Körperstellen auch bei weitem weniger bedeutend. Unterschiede zwischen verschiedenen Gewichten, die eine gleiche Grundfläche haben, werden bei ruhig gehaltenem Arme z. B. nur dann einigermaßen genauer gefühlt, wenn der Wechsel schnell vorgenommen wird. Ist einmal einige Zeit verstrichen, so darf man nicht erwarten, bei einem Zweipfundsteine z. B. einen Unterschied von mehreren Lothen abschätzen zu können. Die Bestimmung des absoluten Gewichtes von Körpern, die wir mit der Hand vornehmen, beruht weit weniger auf diesem Drucksinne, als auf der Abschätzung der Kraft, die wir zum Heben einer Last nöthig haben. Auch diese Abschätzung ist durchaus ungenau, kann aber durch Uebung innerhalb gewisser Grenzen bis zu einer gewissen Vollkommenheit gebracht werden. Die Größe des Druckes wirkt weder auf die Wahrnehmung zweier gleichzeitiger Eindrücke auf unsere Haut, welche man als Raumsinn bezeichnet hat, noch auf die Bestimmung der Lage eines empfindenden Punktes auf der Haut, die man den Ortssinn genannt hat, noch auch auf die Wahrnehmung der Richtung von Bewegungen, welche auf unsere Haut ausgeführt werden.

Die Wärmeempfindung, deren die Haut fähig ist, bezieht sich besonders auf die Schwankungen der äußeren Temperatur, nicht aber auf einen constanten Grad derselben. Innerhalb der Grenzen von 10° C. bis zu 46° C. vermag die Haut noch Unterschiede von einigen Zehntel Graden mit ziemlicher Genauigkeit anzugeben: doch steht die Empfindlichkeit der einzelnen Hautstellen nicht ganz in directem Verhältnisse zu dem Nervenreichthum und der Feinheit der Tastempfindung. Schon früher machten wir darauf aufmerksam, daß unsere Haut nicht nur empfindlich ist für die Verschiedenheit der Wärmegrade, von denen

sie getroffen wird, sondern auch für die absolute Menge von Wärme, die in einer gewissen Zeit in sie überströmt, was von der Leitungsfähigkeit der Körper abhängt. Deshalb werden wir auch empfindlicher von der Wärme und Kälte getroffen, je nachdem die Fläche der Haut, welche die Empfindung vermittelt, größer oder geringer ist. Heißes Wasser erscheint uns weniger heiß, wenn wir die Spitze des Fingers, als wenn wir die ganze Hand hineintauchen. Im Uebrigen aber hängt die Empfindung von Wärme oder Kälte außerordentlich von dem Temperaturgrade ab, an den man sich gerade gewöhnt hat. Ein Keller, der tief genug ist, um während des ganzen Jahres eine constante Temperatur zu zeigen, erscheint uns im Sommer kalt, im Winter warm; und Humboldt erzählt, daß er in Caracas vor Kälte schlotterte, als einmal das Thermometer während weniger Stunden etwa um zehn Grade gefallen war, wobei es sich aber dennoch auf der Höhe der Blutwärme erhielt.

Die Haut mit ihren verschiedenen Empfindungen ist von jeher der Spielraum für alle möglichen Träumereien gewesen. Man glaubte sich berechtigt, den Tastsinn als den Mutterboden aller anderen Sinne aufzufassen und ihn sogar für diese Ersatz leisten zu lassen. Man sollte mit der Haut wirklich hören, sehen, riechen und schmecken, und man erzählte die wunderlichsten Geschichten zur Unterstützung dieser Behauptung. Es unterliegt keinem Zweifel, daß die Hautempfindungen bei gewissen Stimmungen des Centralnervensystemes eben so gesteigert werden können, wie diejenigen der anderen Sinne; — daß die Haut für Luftströmungen, Wärmeunterschiede und ähnliche Eindrücke empfindlich werden kann, die wir in gewöhnlichen Zuständen nicht auffassen, und daß aus solchen an uns vorübergehenden Eindrücken das gereizte Gehirn Vorstellungen combiniren kann, deren Grundlagen uns entgehen müssen. Eine Fledermaus, welcher man die Augen ausgestochen hat, weicht feinen Fäden im Fliegen eben so geschickt aus und stößt sich eben so wenig an die Wände des Zimmers, als eine andere, die ihre Augen noch hat. Die großen nackten Hautflächen an dem Kopfe dieser Thiere sind gewiß einer

äußerst gesteigerten Empfindung fähig, durch welche die feinsten Luftströmungen unterschieden werden können. Von diesem Punkte an bis zu der specifischen Sinnesempfindung ist aber ein weiterer Schritt, den die Natur nicht ohne die Schaffung specifischer Sinnesorgane zurücklegen kann.

Leider sind noch keine genaueren Untersuchungen über die krankhaft gesteigerte Empfänglichkeit der Haut für Eindrücke der genannten Art angestellt worden. Das Glaubwürdige, was man von hysterischen und somnambülen Frauenzimmern in dieser Hinsicht erzählt, bezieht sich sichtlich nur auf solche gesteigerte Empfänglichkeit. Der Widerwille aber, welchen Männer der Wissenschaft von jeher gegen solche Untersuchungen gezeigt haben, beruht auf der ganz einfachen Beobachtung, daß die einfachen krankhaften Erscheinungen durch verschmitzten Betrug entstellt werden. Dieser ist denn auch überall vorhanden, wo Somnambülen durch die Herzgrube oder andere, mehr oder minder interessante Theile ihres Körpers bei verbundenen Augen gelesen haben sollen. Nie hat eine solche Person bei vollkommen undurchsichtigen Verbänden mit der Herzgrube oder den Händen lesen können. Es bedurfte der Taftbänder, welche die Mutter, der Vater oder eine andere vertraute Person so umlegte, daß die magnetisch Schlafende gar prächtig hindurchsehen konnte, und die Geschichte des Burdin'schen Preises muß dem Gläubigsten die Augen geöffnet haben. Als so viel Spektakel vor einigen Jahren gemacht wurde von Somnambülen, welche mit verbundenen Augen lesen sollten, legte dieser Arzt einen versiegelten Brief bei der Academie nieder, nebst einer Summe von 2000 Franken für diejenige, welche lesen würde was in dem Briefe stand. Noch keine hat den Preis verdient.

Sechszehnter Brief.

Die Bewegungen.

Jedermann weiß, daß in unserem Körper eine Menge verschiedenartiger Stücke, Knochen und Knorpel, zu einem Gerüste zusammengefügt sind, welches den übrigen Theilen als Stücke dient und das Skelett genannt wird. Betrachtet man dieses starre Gerüste näher, so erscheinen dabei zwei wesentliche Bedingungen erfüllt, einerseits eben die Stützung und Umhüllung der weicheren Theile, die Vorzeichnung der Höhlen, worin Hirn und Rückenmark so wie die Eingeweide des Bauches und der Brust verborgen sind, und anderntheils die Mithülfe zur Ausführung von Bewegungen, indem die einzelnen Stücke des Skelettes mehr oder minder beweglich an einander gefügt und durch Gelenke mit einander verbunden sind. Die Art dieser Zusammenfügung ist äußerst mannigfaltig und wechselt je nach den verschiedenen Zwecken des Gelenkes, der Größe seines Spielraumes und der Art der Bewegung, welche es ausführen soll. An einigen Orten, wo nur eine gewisse elastische Verbindung, eine geringe Nachgiebigkeit gegen äußere oder innere Gewalt stattfinden soll, sehen wir selbst nur mehr oder minder zusammendrückbare elastische Knorpelstücke zwischen die Knochen eingeleimt, ohne daß sich besondere Gelenkflächen darböten, welche auf einander hergleiten könnten. Solcher Art sind die Verbindungen der einzelnen Wirbelkörper unter sich, die Anheftung der Rippen an das Brustbein und andere mehr. In dem ersten Falle ist die Beweglichkeit der einzelnen runden, säulenartig auf einander geschichteten Wirbelstücke durch elastische,

aus Faserknorpeln gewebte Kissen ermöglicht, welche, wie die Federkissen eines Stuhles, einem gewissen Drucke nachgeben und sich beim Nachlasse desselben wieder aufrichten; bei den Rippen dagegen findet die Beweglichkeit dadurch statt, daß die beweglichen Stäbe, womit sie sich an das Brustbein ansetzen, wie Degenklingen durch angebrachten Druck oder Zug gebogen werden und beim Aufhören desselben in ihre alte Lage zurückspringen.

In allen übrigen beweglichen Gelenkverbindungen finden wir stets zwei Knochenflächen, welche über einander hergleiten können und deshalb mit glatten Knorpelstücken belegt und mit feuchtem Schleime überzogen sind; ein Verhältniß, das wir in der Mechanik durch glatte Drehflächen und Einölung der Gelenke nachahmen. Das Herstellen ganz ebener Flächen, welche über einander gleiten und einzig durch geradlinige Verschiebung wirken können, findet äußerst selten im Körper statt; meist bedingt die Art der Bewegung die Einrichtung verschieden gekrümmter Flächen, wodurch Drehungen aller Art ausgeführt werden. Die Natur hat sich äußerst erfinderisch in Herstellung dieser Gelenkverbindungen gezeigt; von dem freiesten Kopfgelenke, wo ein rund abgedrehter Gelenkkopf sich auf einer fast ebenen Fläche dreht und somit fast vollständig nach allen Richtungen umhergerollt werden kann, bis zu dem beschränkteren Nußgelenke, wo der Kopf in einer ihn umschließenden runden Kapsel spielt; von dem beschränktesten Charniergelenke, welches nur einseitiges Auf- und Zuklappen gestattet, bis zu den freiesten Charnieren, wo auch seitliches Ueberkippen und drehende Bewegung möglich ist, finden sich die mannigfachsten Modificationen, theils durch Abänderung der aufeinander spielenden Gelenkflächen, theils durch Anordnung der benachbarten Theile bedingt, welche den Spielraum des Gelenkes hemmen und einschränken. Es genügt, hier auf diese Verhältnisse aufmerksam gemacht zu haben; Jeder kann am eigenen Körper sich leicht überzeugen, wie sehr verschieden die Beweglichkeit des Oberarmes von derjenigen des Ellenbogens und der Hand sei; wie er den Oberarm frei im Kreise gleich der Speiche eines Rades schwingen, nach vorne und hinten führen kann, während

er im Ellenbogengelenk einzig auf das Auf- und Zuklappen des Charnieres beschränkt ist; wie er im Handgelenke drehende und seitliche Bewegungen ausführen, mit dem ersten Fingergelenke, namentlich des Zeigefingers, ebenfalls Kreisbewegungen vornehmen kann; während das zweite und dritte Fingergelenk nur klappender Charnierbewegungen fähig sind. Man wird so bei Vergleichung der oberen mit der unteren Extremität finden, daß hier die entsprechenden Bewegungen im Grunde zwar ähnlich, aber weit beschränkter sind; daß die Bewegungen des Oberschenkels denen des Oberarmes entsprechend nach allen Richtungen hin weit geringer sind, weil eben der Gelenkkopf des Oberschenkels in einer nußartigen Gelenkhöhle eingekapselt ist, während der Kopf des Oberarmes auf einer kleinen, fast ebenen Gelenkfläche spielt; daß die Bewegungen der Fußwurzel, der Zehen, eine Wiederholung der Hand- und Fingerbewegungen in geringerer Ausdehnung darstellen.

Die Gelenkflächen der einzelnen Knochen sind durch Kapselhäute und Bänder an einander befestigt, durch deren Anordnung meist der Spielraum der Gelenke, so wie er durch die Natur der Gelenkflächen gegeben wäre, mehr oder minder beschränkt, zugleich aber auch die Verbindung in allen Richtungen befestigt und das Ausgleiten der Gelenke, die Verrenkung derselben, mehr oder minder erschwert wird. Je freier ein Gelenk ist, je größeren Spielraum es besitzt, desto schlaffer müssen auch diese Haltbänder angespannt sein und desto leichter sind auch Verrenkungen möglich.

Die innerste Kapsel, welche unmittelbar die Gelenkflächen einhüllt, bildet stets einen vollkommen hermetisch geschlossenen Sack, der aus festem Fasergewebe gewoben und auf seiner innern Seite mit mehr oder minder zähem Schleime überzogen ist, welcher beständig zwischen die glatten Gelenkflächen eindringt und die Reibung derselben auf ein sehr geringes Maß beschränkt.

Eine nothwendige Folge des hermetischen Verschlusses der Gelenkkapseln ist die Ausschließung der atmosphärischen Luft, die Herstellung eines Raumes im Innern der Gelenke, welcher keine Luft, sondern nur Flüssigkeit enthält und somit keinen Gegendruck auszuüben im Stande ist. Es ist bekanntlich der Druck der Luft,

welcher das Wasser in einer luftleer gemachten Röhre 32 Fuß hoch emportreibt, welcher im Barometer einer Quecksilbersäule von 28 Zoll das Gleichgewicht hält; in unserem Körper erhält der Druck der Luft die Gelenkflächen in unmittelbarer Berührung, und die Größe der einzelnen Gelenkflächen ist so berechnet, daß der Luftdruck, welcher darauf ausgeübt wird, allen daran aufgehängten Theilen das Gleichgewicht hält. Man hat diesen Satz namentlich an dem Hüftgelenke auf die überzeugendste Weise dargethan und durch Versuche bewiesen, daß beim Schweben des Beines in freier Luft weder die Muskeln noch die Bänder dasselbe halten, sondern einzig der Druck der Luft auf das Hüftgelenk hinreicht, dasselbe fest am Becken schwebend zu erhalten. Legt man einen Leichnam auf den Bauch, so daß die Beine frei schwebend von dem Tische herabhängen, und trennt nun durch einen Kreisschnitt sämmtliche Muskeln bis auf die Bänder des Hüftgelenkes und bis zur Kapsel desselben, so hängt das Bein noch eben so fest im Hüftgelenke, als zuvor. Die Gelenkflächen des Kopfes einerseits und der Pfanne andererseits sind sogar so genau auf einander gepaßt, daß man die Kapsel selbst einschneiden kann, ohne daß das Bein aus dem Gelenke herausfällt. Bohrt man aber von innen, von dem Unterleibe aus, ein Loch in das Gelenk ein, so dringt in dem Augenblicke, wo der Bohrer die innere Gelenkfläche durchstößt, die Luft mit zischendem Geräusche ein und der Gelenkkopf sinkt aus seiner Pfanne heraus, soweit als es das im Innern des Gelenkes angebrachte sogenannte runde Band des Hüftgelenkes gestattet, welches von der Spitze des Gelenkkopfes zu dem tiefsten Punkte der Pfanne geht. Drückt man nun das Bein, indem man es aufhebt, wieder in die Pfanne hinein und schließt das im Becken angebrachte Bohrloch mit dem Finger, so bleibt das Bein von neuem schwebend hängen und der schließende Finger wird von dem Bohrloche wie von einem Schröpfkopfe angezogen. Im Augenblicke, wo der Finger entfernt wird, fällt das Bein herab. Man hat die Versuche in der Art wiederholt, daß man das Schenkelgelenk herauspräparirte, den Oberschenkel absägte, die Beckenknochen rund herum wegnahm, so daß nur die beiden durch

das Gelenk verbundenen Knochenstücke überblieben, und nun das Ganze unter die Glocke der Luftpumpe brachte, nachdem man an den Schenkelknochen ein paar Pfundsteine aufgehängt hatte. Der Schenkelkopf war fest im Gelenke eingefügt; sobald man aber auspumpte und einen luftleeren Raum erzeugte, sank er aus den Gelenkhöhlen heraus; ließ man von Neuem Luft zu, so stieg er wieder in die Höhe, und man konnte so das abwechselnde Spiel des Auf- und Absteigens des Schenkelkopfes in seinem Gelenke wiederholen, je nachdem man Luft auspumpte, oder zuließ.

Berechnet man, nach der Größe der Oberfläche des Hüftgelenkes, die Größe des Druckes, welchen die Luft auf dasselbe ausübt, so zeigt sich, daß derselbe etwa 22 bis 25 Pfund beträgt, während ein Bein im Durchschnitte 18 bis 20 Pfunde wiegt. Bei gewöhnlichem Luftdrucke hält demnach der auf das Hüftgelenk ausgeübte Druck der Luft dem Gewichte der Extremität das Gleichgewicht, und es bedarf durchaus keiner Anstrengung von Seite der Muskeln, um das Bein schwebend zu erhalten. Gleiche Verhältnisse finden sich am Kniegelenke, am Oberarme, an den Fuß- und Handgelenken verwirklicht; überall sind die Kapseln der Gelenke hermetisch abgeschlossen und überall die Größe der Oberflächen in ein bestimmtes Verhältniß zu dem Gewichte der Theile gebracht, welche daran aufgehängt sind, so daß erst bei Vergrößerung des an den Gelenken bewirkten Zuges eine entsprechende Thätigkeit der Muskeln und Bänder zur Aneinanderhaltung der Gelenkflächen nöthig wird.

Betrachtet man das Skelett des Menschen (siehe Fig. 65, S. 440) im Vergleich zu demjenigen der Säugethiere, so stellt sich schon in der Anfügung der einzelnen Knochen und ihren Verhältnissen zu einander die wesentliche Beziehung zu dem aufrechten Gange heraus. Das Gelenk zwischen dem Hinterhaupte und dem ersten Halswirbel, welches das Vor- und Rückwärtsbeugen des Kopfes vermittelt, ist bei gut entwickeltem Schädel so angebracht, daß sich der Kopf förmlich auf seiner Unterlage balancirt. Die leichte Krümmung der Halswirbelsäule nach vorn

Fig. 65.

Scheitelbein, Os parietale

Stirnbein .... Os frontale

Schläfenbein .. Os temporale

Oberkiefer .... Maxilla superior

Unterkiefer. ... Maxilla inferior

Schlüsselbein .. Clavicula

Rippen... .. Costae

Speiche ..... Radius

Schenkelbein... Femur

Kniescheibe.... Patella

Schienbein.... Tibia

Fußwurzel.... Tarsus

Mittelfuß .... Metatarsus

Hinterhauptbein Os occipitis

7 Halswirbel

Wirbelsäule Columna vertebralis

Schulterblatt Scapula

Oberarmbein Humerus

Elle, Ulna

Becken, Pelvis

Handwurzel Carpus

Mittelhand Metacarpus

Fingerknochen Phalanges

Wadenbein Perone

Fersenbein Calcaneus

Zehen Digiti pedis

trägt das ihrige dazu bei, den so im Gleichgewichte schwebenden Kopf in der allgemeinen Schwerlinie des Körpers zu erhalten. Die Rückenwirbelsäule zeigt im Gegentheile eine Krümmung nach hinten; die Lungen und das Herz, sowie der ganze Rippenkorb, sind an der vorderen Fläche der Wirbelsäule angebracht und würden ein Ueberkippen der Schwerlinie nach vorn bedingen, wenn nicht durch diese Einbiegung entgegengewirkt wäre. Im Becken endlich schließt sich die Bauchhöhle nach unten, während zugleich durch die Krümmung der Schwanzwirbelsäule Raum für die Eingeweide hinter der Schwerlinie geschafft wird. Durch alle diese Einrichtungen wird denn als Endresultat die Lage der Schwerlinie des Oberkörpers so hergestellt, daß sie bei der Profilstellung des Menschen senkrecht durch den Schenkelknorren läuft. Die vorderen Extremitäten, zur Ausführung freierer Bewegungen, nicht aber, wie bei allen Vierfüßern, zum Tragen des Rumpfes bestimmt, sind überall mit viel freieren Gelenken und größerer Beweglichkeit der einzelnen Knochenstücke gegen einander ausgerüstet. Bei den Beinen dagegen wiegt in Uebereinstimmung mit ihrer Bestimmung zum Tragen des Körpers die Festigkeit und die damit zusammenhängende größere Starrheit der Gelenke vor der freieren Beweglichkeit vor. Die springenden Thiere, bei welchen andere Verhältnisse obwalten, ausgenommen, hat der Mensch das längste und stärkste Bein im Verhältniß zu der vorderen Extremität, und der eigenthümliche Character des menschlichen Knochenbaues ruht, wie man sehr schön nachgewiesen hat, in keinem anderen Theile so sehr, als in dem Fuße. Die menschliche Hand ist kein eigenthümliches Gebilde; die Hände der menschenähnlichen Affen sind durchaus eben so frei beweglich, zu eben so kunstvollen Combinationen geeignet, als die Hand des Menschen; der Arm aber ist meistens länger im Verhältniß zu den Beinen, als bei dem Menschen, was mit der Lebensart auf Bäumen und der Stellung als Kletterthier zusammenhängt. Hierauf beruht auch die Ausbildung des hinteren Affenfußes zur Hand, was manche Naturforscher irriger Weise für einen Vorzug haben ansehen wollen. Durch die enge Verbindung seiner Zehen,

die gewölbartige Zusammenfügung der Mittelfußknochen, die eigenthümliche Anordnung des Fußgelenkes unterscheidet sich der Mensch eben so scharf und bestimmt von allen anderen Thieren, als durch die Ausbildung der knöchernen Gehirnkapsel, und durch diese Bildung allein ist es ihm möglich, den aufrechten Gang als normale Stellung zu behaupten, während alle übrigen Thiere nur ausnahmsweise und auf kurze Zeit sich in dieser Stellung erhalten können.

Durch ihre eigenthümliche Structur bilden die Knochen bei den Bewegungen die starren Hebel, an welchen die Muskeln gleich Zugseilen arbeiten. Von sich aus kann ein Knochen sich nie bewegen; es gehören hierzu besondere Fasern, welche der Zusammenziehung fähig sind und deren Bündel eben mit dem Namen der Muskeln oder im gemeinen Leben des Fleisches belegt werden. Jedermann kennt das faserige Gewebe dieser Theile; eben so bekannt ist einem Jeden, daß die Fasern eines Muskels parallel neben einander liegen, und daß man demnach einen Muskel nicht mit Unrecht einem Bündel von einzelnen Fasern vergleichen kann, die durch eine gemeinschaftliche zellgewebige oder sehnige Hülle zu einem Ganzen vereinigt sind und zwischen denen die Blutgefäße und die Nerven verlaufen. Betrachtet man die letzten Fasern, in welche sich die rothen Muskeln unter dem Mikroskope spalten lassen, so sieht man, daß eine jede derselben von einer einfachen, glashellen, dünnen und höchst zarten Scheide gebildet wird, in welcher hie und da Zellenkerne liegen und die man das Sarkolemma genannt hat. An der Substanz innerhalb der Hülle zeigen sich äußerst feine, oft wellenförmige dunkle Querstreifen, welche durch solche Mittel, die eine Gerinnung des Eiweißes veranlassen, wie z. B. Weingeist, stärker hervortreten. Da diese Querstreifen überall bei den höheren Thieren mit großer Evidenz sich zeigen, so hat man deshalb auch die Muskeln dieser Art überhaupt die quergestreiften Muskeln genannt. Ueber die Bildung der in der Scheide steckenden Substanz selbst herrschen noch manche Zweifel. Die Ansicht der meisten Forscher geht jetzt dahin, daß die contractile Substanz

aus einzelnen Körnchen, sogenannten Fleischelementen, bestehe, welche durch leichter auflösliche Zwischensubstanz sowohl der Länge als der Quere gleichsam zusammengeleimt seien. In Folge dieser Structur zerfalle die Faser entweder in feine Fäserchen oder in dünne Querscheiben, je nachdem die Kittung in der einen oder anderen Richtung stärker wäre oder die Kittsubstanzen von diesem oder jenem Reagens stärker angegriffen werden. Jede Faser ist in den quergestreiften Muskeln unabhängig; nur am Herzen findet man zuweilen Verbindungen zweier Fasern mit einander. In der eigenthümlichen Contractilität dieser Fasern, welche durch die Nerven in Thätigkeit gesetzt wird, beruht nun die Zusammenziehung der Muskeln, durch welche die einzelnen Knochen in verschiedene Stellungen zu einander gebracht und so die Bewegungen ausgeführt werden. Die Muskelfasern selbst heften sich theils direct, theils durch die vermittelnden Fadenstränge der Sehnen an die Knochen selbst an. Die Sehnenfasern können sich selbstständig nicht zusammenziehen; sie dienen hauptsächlich zur Uebertragung der ziehenden Kraft an ferne Orte, wo das Volumen der Theile nicht allzu sehr vermehrt werden soll. So ziehen die Muskelmassen des Vorderarmes durch die dünnen, über das Handgelenk laufenden Sehnen an der Hand selbst und an den Fingern; die Muskeln des Unterschenkels in ähnlicher Weise an den Knochen des Mittelfußes und der Zehen.

Untersucht man die Muskelfaser unter dem Mikroskope im Augenblicke der Zusammenziehung, so sieht man die feinen Querstreifen, welche die Hülle darbietet, näher aneinander rücken, sich stärker runzeln und dadurch offenbar andeuten, daß die Elemente der Fasern sich stärker zusammenschieben und in sich verkürzen. Die feinen Querrunzeln der Hülle finden sich überhaupt nur dann deutlich ausgesprochen, wenn die Faser wirklich einigermaßen zusammengezogen ist, und je größer die Zusammenziehung, desto deutlicher ist auch die Querrunzelung, während vollkommen schlaffe Muskelfasern eine fast glatte, runzellose Scheide darbieten. Bei kleinen durchsichtigen Thieren, die man ganz ohne Verletzung unter das Mikroskop bringen kann,

z. B. jungen Fischlein, lassen sich diese Verhältnisse auf das Deutlichste beobachten. Meist sieht man auch bei stärkerer Zusammenziehung wellenförmige oder Zickzackbiegungen der einzelnen Muskelfasern, welche früher als der Ausdruck der wirklichen Zusammenziehung angesehen wurden. Jetzt hat man sich überzeugt, daß diese Biegungen entweder durch vereinzelte Zusammenziehungen benachbarter Muskelfasern entstehen, bei welchen die noch ausgedehnten Fasern eingeknickt werden, oder daß sie eine Folge der Elasticität sind, welche mit der lebendigen Zusammenziehung in Kampf tritt. Bei dieser letzteren wird die Muskelfaser in allen ihren Querdurchmessern bedeutender, während ihr Längsdurchmesser abnimmt. Der vorher lang ausgedehnte Muskel wird breiter, dicker, schwillt bedeutend an und erscheint beim Anfühlen hart und fest; an der innern Muskelmasse des Oberarmes, welche den Ellenbogen beugt, hat wohl Jeder schon dies Anschwellen des Muskels an sich selber beobachtet. Man nahm früher zuweilen an, daß bei der Zusammenziehung wirklich eine geringe Verdichtung der Muskelsubstanz vorhanden sei, und daß der zusammengezogene Muskel einen absolut kleineren Raum einnehme, als im Zustande der Erschlaffung; genauere Versuche haben indeß nachgewiesen, daß eine solche Verdichtung wirklich nicht stattfinde, und daß der Muskel demnach an Breite und an Dicke gewinnt, was er an Länge bei der Zusammenziehung verliert.

Die Zusammenziehung ändert die moleculare Beschaffenheit der Muskelmassen in jeder Weise. Die Härte, welche der zusammengezogene Muskel darbietet, rührt nur von der Spannung seiner Fasern, nicht von einer Verdichtung seiner Masse her, die in der That, wie genauere Beobachtungen nachgewiesen haben, im Gegentheile weicher wird. Nicht minder ändern sich auch die electrischen Verhältnisse. Die Längenfläche eines ruhenden Muskels ist stets positiv, der natürliche oder künstliche Querschnitt desselben dagegen negativ electrisch, so daß in dem Muskel gewissermaßen beständig ein schwacher Strom von den positiven Seiten der Molecüle nach den negativen Enden geht. Man

kann deshalb auch eine wahrhaft galvanische Kette in der Weise construiren, daß man geeignete Muskelmassen, wie z. B. diejenigen des Oberschenkels des Frosches, so in einander schachtelt, daß der Querschnitt des einen Stückes die Außenfläche des nächsten berührt. Eine solche aus lebendigen Muskeln gebaute Schenkelsäule wirkt wie eine schwache galvanische Säule, welche einen präparirten Froschschenkel zur Zusammenziehung bringen kann. In den zusammengezogenen Muskeln dagegen ist dieser Molecularstrom so geschwächt, daß seine Anwesenheit kaum noch nachzuweisen ist.

Die willkürliche Zusammenziehung steht unter dem Einflusse der Nerven, welche zu den Muskeln gehen und deren Primitivröhren sich zwischen den einzelnen Fasern derselben durchschlängeln, um durch ihre letzten Ausläufer mit ihnen in früher schon beschriebener Weise zu verschmelzen. Sobald ein Muskelnerve durchschnitten ist, so daß sein Zusammenhang mit dem Centralnervensysteme aufgehoben ist, hört, wie schon oben angeführt wurde, der Einfluß des Willens auf denselben gänzlich auf. Reizt man nun das peripherische Ende des Nerven, welcher noch mit dem Muskel zusammenhängt, so zieht sich dieser zusammen, ganz so, wie wenn der Wille auf ihn eingewirkt hätte. Läßt man das Glied, welches mittelst Durchschneidung seiner Nerven gelähmt wurde, ruhig, so verliert sich allmählich die Reizbarkeit von dem Stamme des Nerven nach der Peripherie hin. Anfangs zieht sich der Muskel noch jedesmal zusammen, wenn der Nervenstamm gekneipt wird; später erfolgt Zuckung nur auf Anwendung der galvanischen Electricität, welche unter allen Reizen der wirksamste für die Muskelnerven ist; nach einiger Zeit muß die galvanische Reizung auf die feineren Zweige applicirt werden, wenn sie wirksam sein soll, und zuletzt muß der Muskel selbst unmittelbar von den Drähten der galvanischen Kette berührt werden, um noch schwache Zuckungen zu veranlassen, die endlich auch verschwinden, so daß der Muskel dann durchaus unthätig ist und auf keinerlei Weise mehr reagirt.

Die Ernährung der Muskeln, welche auf irgend eine Weise gelähmt wurden, leidet auf die mannigfachste Weise. Sie werden blaß, schlaff, schwinden allmählich, und man kennt sogar Beispiele, wo sie gänzlich in Fett umgewandelt und vernichtet wurden. So wie aber bei dem gesunden Menschen durch Uebung die Muskeln stärker und kräftiger werden, ihre Ernährung besser von Statten geht, so geschieht es auch bei Gliedern, deren Nerven durchschnitten wurden. Leitet man durch solche gelähmte Glieder täglich galvanische Ströme, um Zuckungen zu veranlassen und die Muskeln nicht durchaus in Unthätigkeit zu lassen, so erhält sich die Reizbarkeit derselben weit länger, ja sie verschwindet überhaupt gar nicht und der Muskel bleibt in gleichmäßiger Ernährung, ohne zu erblassen und zu schwinden.

Wenn schon diese Thatsache darauf hinweist, daß die Reizbarkeit der Muskelfaser eine ihr eigenthümlich inwohnende Lebenserscheinung ist, welche nur durch die Nervenreize in Thätigkeit versetzt wird; so erscheint dies noch deutlicher durch den Einfluß nachgewiesen, welche die Abschneidung der Muskelernährung auf die Reizbarkeit hat. Ein Thier, dessen Bauchschlagader unterbunden ist, läuft anfangs noch ganz ordentlich — nach kurzer Zeit aber beginnt es zu schwanken, und bald erscheint es eben so vollständig an beiden Hinterfüßen gelähmt, als wenn man ihm die Nerven derselben durchschnitten hätte. Anfangs bringen galvanische Reizungen noch Zuckungen in den Extremitätenmuskeln hervor, nach einiger Zeit aber nicht mehr, und wenn man vergleichende Versuche an demselben Thier macht, indem man an dem einen Fuße den Blutkreislauf, den Träger aller Ernährung, aufhebt, an dem andern hingegen den Nerven durchschneidet, so zeigt sich, daß der durch Unterbindung der Gefäße und durch Abschluß aller Blutzufuhr gelähmte Fuß bei weitem schneller seine Reizbarkeit verliert, als der durch Nervenzerschneidung gelähmte.

Die Fähigkeit der Zusammenziehung ist demnach eine mit der Muskelfaser unzertrennlich verbundene Lebenseigenschaft, die ihr nicht erst durch die Nerven ertheilt wird; die Nerven dienen

lediglich dazu, dieselben unserem Willen zu unterwerfen, indem der von dem Centralnervensystem ausgehende Impuls zur Bewegung auf die Muskeln übertragen wird. Genauere Versuche der Neuzeit haben in der That gezeigt, daß die Muskelfasern bei mechanischer Reizung, Druck, Ueberstreichung mit dem Messerstiele, selbst dann noch eine eigenthümliche selbstständige Zusammenziehung zeigen, wenn die Leitungsfähigkeit der Nerven gänzlich bis in ihre kleinsten Theile erschöpft ist. Es gleicht aber diese idiomuskuläre Zusammenziehung durch ihr langsames An- und Abschwellen mehr der Wirkung der unwillkürlichen Muskeln und läßt sich dadurch leicht von der durch die Nerven bedingten Zuckung (der neuromuskulären Zusammenziehung) unterscheiden.

Fragen wir nun nach den mechanischen Bedingungen, welche an dem Körper zur Vermittlung der Bewegung realisirt sind, so ergiebt sich vor allen Dingen ein leicht vorauszusehendes Verhältniß zwischen den Knochen und Muskeln. Erstere können gleich Stützpunkten und Hebeln betrachtet werden, an welchen die Muskeln wie Zugseile befestigt sind, und meist sogar tritt das Verhältniß ein, daß je nach Bedürfniß oder Zufall der eine Knochen als Stützpunkt dient, auf welchem der andere sich bewegt, und daß wieder in anderen Momenten derjenige Knochen, welcher vorher festgestellt war, als bewegender auftritt und der andere die Rolle des stützenden übernimmt. Strecken wir, während wir im Lehnsessel sitzen, den Fuß, der auf dem Boden stand, gerade aus, so bewegt sich der Unterschenkel auf dem festgestützten Oberschenkel; stehen wir dagegen von dem Stuhle auf, so wird das Unterbein festgestemmt, der Oberschenkel auf demselben bewegt und so der Körper in die Höhe gehoben. Selten nur treten solche Verhältnisse ein, wie an den meisten Gesichtsmuskeln, wo nur das eine Ende der Muskelfasern fest an Knochen geheftet ist, während das andere frei an der Haut und an weichen verschiebbaren Theilen sich endet, und demnach auch nur Bewegung an dem einen Ende des Muskels als Endresultat der Zusammenziehung auftreten kann. Endlich giebt es nur einige wenige Muskeln am menschlichen Körper, welche fast vollkommene

Ringe darstellen und zum Verschließen und Oeffnen von einigen Oeffnungen angebracht sind, wie an den Augenliedern, am Munde und After, wo die ganze Spalte durch die gleichförmige Zusammenziehung von allen Seiten zugeklemmt werden kann.

Ein altes Vorurtheil zieht sich noch durch manche Ansichten über die Art und Weise, wie man sich die Anheftung der Muskeln an den Knochen angeordnet denkt. Die Knochen bilden natürlicher Weise in den meisten ihrer Bewegungen wahre Hebel, und die Gesetze ihrer Wirkung sind durchaus dieselben, wie bei den auf gleiche Weise construirten Hebeln, die wir in der Mechanik gebrauchen. So bildet unser Vorderarm einen einarmigen Hebel, dessen Anheftungspunkt in dem Ellenbogen gegegeben ist, und wo die ziehenden Seile, die Muskeln, zwischen dem Anheftungspunkte und dem Punkte, wo die Last angebracht ist, sich anheften. Es würde zu weit führen, hier auf die Gesetze des Hebels einzugehen, welche der reinen Statik und Mechanik, der Physiologie aber nur in so fern angehören, als dieselben Gesetze an der Maschine des Körpers in Ausführung gekommen sind; aber erwähnen müssen wir, daß schon aus dem angeführten Beispiele erhellt, wie die Muskeln meist unter den ungünstigsten Verhältnissen für die Kraftentwickelung angebracht sind. Wenn wir eine Last mit möglichster Ersparniß von Kraft in die Höhe heben wollen, so bringen wir sie auf einen möglichst kurzen Hebelarm und verdoppeln in wachsender Proportion unsere Kraft, indem wir diese Kraft an einem langen Hebelarme anbringen; wollen wir einen Stein, welcher der Anstrengung von zehn Männern nicht weichen würde, allein fortwälzen, so schieben wir die Spitze einer langen Stange unter seine Kante und stützen die Stange unmittelbar auf einen kleineren Stein, während wir an dem langen Ende der Stange unsere Kraft wirken lassen. Wollen wir ein Gewicht an einem einarmigen Hebel in die Höhe ziehen und dabei Kraft ersparen, so hängen wir das Gewicht so nahe als möglich an den Befestigungspunkt des Hebels und ziehen an dem anderen Ende. So hat die Natur in unserem Körper nicht verfahren. Die Muskeln sind im Gegen-

theile meist in der Art angebracht, daß sie eine ungeheuere Kraft verschwenden müssen, um eine kleine Wirkung hervorzubringen. Wir wissen dies schon aus unserer täglichen Erfahrung. Ein Sack, den wir in der Hand tragen sollen bei gekrümmtem Arme, ermüdet uns bald; hängen wir denselben um die Mitte des Armes, so ermüdet er schon weniger, und in dem Ellenbogengelenke selbst können wir ihn eben so viele Stunden tragen, als wir ihn Minuten in der ausgestreckten Hand gehalten hätten. Man hat diese Verhältnisse genauer berechnet und gefunden, daß die Wadenmuskeln eines Mannes, der auf dem einen Fuße stehend die Ferse emporhebt und sich auf die Zehen stellt, achtzigmal mehr Kraft entwickeln müssen, als ihre Wirkung beträgt, daß sie mithin statt 140 Pfund, die wir als Gewicht des Mannes annehmen wollen, in Wahrheit ein Gewicht von 11,200 Pfund tragen. Man sieht aus diesem einzigen Beispiele, welches man bedeutend vervielfältigen könnte, daß es der Natur durchaus nicht darauf ankam, Kraft zu sparen, und daß die kleinen Vortheile, welche sie durch Ausbildung von Knorren und Vorsprüngen erzielt, gar nicht in Betracht kommen gegen eine wahre Verschwendung, welche auf der andern Seite stattfindet.

Es liegt meistens im Bereiche unseres Willens, ob wir einen Muskel allein oder in Gesellschaft mit einigen anderen wirken lassen wollen. Viele Bewegungen, und gerade die wichtigeren, beruhen aber auf dieser gemeinschaftlichen Wirkung der Muskeln und auf der regelmäßigen Aufeinanderfolge der Zusammenziehung eines jeden einzelnen Muskels. Oft verlangt eine solche regelmäßige Folge von einzelnen Bewegungen, welche eine combinirte Bewegung hervorbringen sollen, ziemliche Uebung, zumal wenn die Bewegung stätig und nicht in einzelnen Absätzen ausgeführt werden soll. Nur Wenigen möchte es gelingen, ein mit Wasser gefülltes Glas im Kreise herum zu führen, ohne davon zu verschütten; es gehört eben zu dieser Bewegung ein allmähliches Ueberführen des Willens von einem Muskel zum andern, wodurch jeder zuckende Anstoß, jeder Anhalt vermieden wird, und diese Bedingung läßt sich erst nach einiger Uebung erfüllen. Es giebt

indessen manche combinirte Bewegungen, die von Anfang an mit einander unauflöslich verknüpft scheinen und über welche die Vereinzelung des Willens keine Kraft auszuüben vermag. Die meisten Combinationen eignen wir uns erst durch die allmähliche Gewöhnung an; wir lernen gehen, laufen, schwimmen erst nach längerer Uebung und Anstrengung; alle diese erst erzogenen Combinationen sind wir ebenfalls durch Uebung fähig wieder zu zersetzen und in ihre Einzelbewegungen zu zerlegen. Die meisten Menschen können bei gestreckter Hand den Ringfinger oder den kleinen Finger nicht allein beugen; die Uebung am Claviere lehrt sie bald, einen jeden Finger allein zu gebrauchen. Jede längere Uebung in gewissen Bewegungen bedingt allmählich eine Gewöhnung an diese wiederkehrenden Combinationen, die zuletzt unbewußt werden, die aber eben so leicht wieder durch Angewöhnung anderer Combinationen vertilgt werden können. Die relative Geschicklichkeit in allen Handwerken und Gewerben beruht größtentheils auf diesem Grundgesetze der allmählichen Bildung von Bewegungscombinationen. Der Arbeiter, welcher heute in ein Geschäft eintritt, das er noch nicht kennt, bringt bei dem besten Willen und der größten Anstrengung nicht so viel vor sich, als der Geübte, welcher seit Jahren das Handwerk treibt. Der eine muß die nöthigen Combinationen durch den speciell auf jeden einzelnen Muskel gerichteten Willen hervorbringen, während bei dem Andern die combinirten Bewegungen in ihrer Reihenfolge ausgeführt werden, ohne daß es einer besondern Aufmerksamkeit von seiner Seite bedarf.

Zu den gewöhnlichsten combinirten Bewegungen gehört das Gehen, dessen mechanische Bedingungen durch ausgezeichnete Untersuchungen vollständig erörtert sind. Bei dem ruhigen Stehen in militärischer Stellung auf das Commando: Achtung! ruht unser Oberkörper auf den säulenartig stützenden Beinen in der Art, daß seine Schwerlinie zwischen die beiden Fersen fällt. Natürlicher aber, weniger ermüdend und darum auch wohl als die ungezwungenste Stellung des Körpers ist diejenige zu betrachten, wo der Körper auf den zwei Beinen zwar ruht, aber doch wesent-

lich nur auf dem einen, hinteren, während das andere, etwas vorangestellt, nur leicht den Boden berührt und so die Schwerlinie, statt zwischen die Fersen beider Füße, etwa auf den Ballen des hinteren Fußes fällt. Das Gehen beruht auf einer abwechselnden Uebertragung des Körpers auf das eine oder andere Bein, während welcher Uebertragung zugleich die Beine den Ort wechseln und voran sich bewegen. Bei jedem Doppelschritte kommt demnach einmal das linke, einmal das rechte Bein an die Reihe, vorwärts bewegt zu werden, und umgekehrt stützt zuerst das rechte, dann das linke Bein den Körper, während das andere vorwärts schwingt. Das vorwärts sich bewegende, ausschreitende Bein wird etwas im Kniegelenke gebogen, um bei seiner Bewegung den Boden nicht zu berühren, und schwingt nun wie ein Pendel, einzig durch den Druck der Luft getragen, vorwärts, während das stützende Bein sich vorwärts neigt und der Körper so wörtlich voran fällt. Ehe aber der Körper fällt, hat das schwingende Bein seine Pendelschwingung vollendet, und stützt, auf den Boden stemmend, von neuem den Körper. Nun wird das hinten gelassene Bein gehoben; zuerst wickelt sich die Ferse, dann der Ballen vom Boden ab, und bei dieser Abwickelung wird durch Streckung des Fußes dem Körper eine Wurfbewegung ertheilt, wodurch er nach vornen geschleudert wird. Indem der Körper während dieser Wurfbewegung auf dem zuerst ausgeschrittenen Beine stützt, vollzieht das zweite seine Pendelschwingung und hält den Körper zu rechter Zeit im Falle auf.

Es ergiebt sich aus dieser Analyse des menschlichen Ganges, daß derselbe wirklich ein beständiges Vorwärtsfallen des Körpers darstellt, welches eben so regelmäßig durch die vorwärts schwingenden und unterstützenden Beine verhindert wird. Bei dem Gehen findet demnach eine Abwechselung zwischen zwei Momenten statt. In dem einen beschreibt der Körper, auf das eine Bein gestützt, eine Wurfbewegung, in dem andern stützt er sich auf beide Beine zugleich. Je langsamer der Schritt ist, desto länger dauert der zweite Moment, desto länger ruht der Rumpf auf beiden Beinen; je schneller man geht, desto mehr wird dieses

Moment verkürzt und beim Laufen ist es auf Null reducirt. Der Lauf unterscheidet sich dadurch vom Schritt, daß stets nur ein Bein den Körper stützt, daß beide Füße mit einander vollkommen abwechseln, somit der eine in demselben Augenblicke den Boden verläßt, wo der andere ihn berührt. Die Wurfbewegung des Körpers ist natürlich bei dem Laufe viel größer, und es wird dieser mitgetheilten Geschwindigkeit halber um so unmöglicher, sich im Laufe aufzuhalten, als dieser schneller ist. Sobald der Lauf schneller wird, giebt es sogar eine gewisse Zeit, während welcher der Körper frei in der Luft schwebt, ohne auf irgend eine Weise gestützt zu sein, und wo er demnach förmlich, wie beim Sprunge, vorwärts geschleudert ist. Der Lauf ist demnach ein Uebergang vom Gange zum Sprunge, und wir unterscheiden nur deshalb zwischen diesen beiden Bewegungen, weil wir beim Laufe eine Menge kleiner Sprünge zu einer horizontal fortschreitenden Bewegung verbinden, während wir unter Sprung mehr eine einzelne größere Kraftanwendung verstehen, bei welcher wir die verschiedenen Gelenke des Fußes und selbst des Körpers zusammenbeugen, um sie dann gleich gebogenen Federn plötzlich auseinander zu schnellen und dadurch dem Körper eine gewaltige Wurfbewegung zu ertheilen, in welcher dann die Beine nachgezogen werden. Die verticale Erhöhung, welche der Rumpf beim Sprunge erreichen kann, ist indeß nicht so bedeutend, als man von vorn herein glauben sollte. Ein geübter Springer kann ohne Benutzung von Sprungbrettern und ähnlichen Apparaten, welche durch ihre Federkraft die Wurfbewegung erhöhen, über eine Barriere springen, die so hoch als er selbst ist. Diese Höhe erscheint freilich beträchtlich; bedenkt man aber, daß bei solchem Sprunge die Beine dicht an den Leib angezogen werden, und daß somit von der Höhe des Sprunges die ganze Länge der Beine abgezogen werden muß, so wird unsere Bewunderung um vieles geringer. Die verticale Höhe, in welche ein Mensch seinen Körper im Sprunge schleudern kann, erreicht im Ganzen höchstens fünf Fuß, und es muß dieselbe nicht nach der Höhe, über welche man setzt, sondern nach der Höhe geschätzt werden, welche der Scheitel

erreicht. Der Unterschied zwischen der Höhe des Scheitels bei aufrechtem Stehen und der Höhe, welche der Scheitel im Sprunge erreicht, drückt eigentlich die wahre Sprunggröße aus. Ein Gleiches findet bei den Thieren statt. Man beobachte ein Reh, einen Hirsch, wenn er über eine Hecke setzt. Die Vorderbeine werden so unter den Leib geschlagen, daß sie fast an den Seiten desselben anliegen, die Hinterbeine, nachdem sie den Schwung gegeben haben, gerade ausgestreckt, so daß die ganze Unterfläche des Thieres eine horizontale Linie bildet. Gesetzt, der Hirsch hätte drei Fuß lange Beine, so wird er, wenn sein Körper im Sprunge sechs Fuß hoch emporgeschnellt wird, über ein neun Fuß hohes Hinderniß wegspringen können.

Ein Schritt kann im Durchschnitte auf die Länge von zwei Fußen oder 65 Centimetern angenommen werden. Das schnellere Gehen, so wie das Laufen, bringt nicht durch Verlängerung der Schritte, sondern vielmehr durch Beschleunigung derselben eine bedeutende Zeitersparniß bei gleicher Distanz. Man hat berechnet, daß der französische Soldat bei gewöhnlichem Marschiren 76 Schritte in der Minute macht, während der Geschwindschritt 100 und der Sturmschritt 116 Schritte in der Minute zählt. Es ergiebt sich daraus, daß der Soldat im gewöhnlichen Schritte etwa zwei und einen halben Fuß in der Secunde zurücklegt, während er im Sturmschritte etwa drei und einen halben Fuß in der Secunde durchmißt. Geübte Läufer sollen vierzehn, andere sogar selbst dreißig Fuß in der Secunde zurückgelegt haben, eine Schnelligkeit, welche fast denen der besten Pferde gleichkommt. Es ist leicht einzusehen, daß die Bewegungen bei solcher Schnelligkeit in anderer Weise ausgeführt werden müssen, als bei den oben angeführten Normalverhältnissen; daß die Schwingung des Beines namentlich in gar keinen Betracht kommen kann und durch Muskelthätigkeit ersetzt werden muß, indem die durch Pendelschwingung erforderliche Zeit viel zu lange dauern würde. Indessen läßt sich aus der genaueren Betrachtung des Fußes zeigen, daß der Mensch in der That nicht zu langem Laufen bestimmt ist, weshalb man auch keine Lebensthätigkeit

oder Profession findet, welche auf eine solche Bewegung gegründet wäre.

Es würde zu weit führen, wollten wir die übrigen Bewegungen des Menschen eben so behandeln, wie das Gehen. Indem wir diese am Vollständigsten untersuchte combinirte Bewegung auswählten, wollten wir nur zeigen, in welcher Weise solche Combinationen geschehen und wie der Wille noch einen bedeutenden Einfluß auf dieselben üben kann, indem er im Stande ist, jedes einzelne Moment derselben zu modifiriren. Es giebt indessen gewisse Bewegungscombinationen, über welche wir nur bis zu einem gewissen Grade Herr sind; dahin gehören unter andern die Athem- und Schluckbewegungen. Wir können länger oder kürzer, tiefer oder oberflächlicher athmen, den Athem anhalten oder beschleunigen, ganz nach unserem Belieben, so gut als wir gehen oder laufen, springen oder hüpfen können; allein es ist uns unmöglich, durchaus den Athem anzuhalten, alle Athembewegungen aufzuheben, und wenn es nur auf wenige Minuten wäre. Nach kurzem Anhalten des Athmens tritt Beängstigung, Herzklopfen, Zittern der Glieder ein, und wenn auch der Wille sich noch so sehr dagegen sträubte, er wird überwunden und ein Athemzug vollbracht, der wieder frisch die Respiration bethätigt. Eben so verhält es sich mit den Schluckbewegungen. Dieselben sind durchaus freiwillig; wir können schlucken, wenn wir wollen; wenn aber ein Bissen in die hinteren Theile des Rachens gelangt ist, so mag man sich anstellen wie man will, man muß unwillkürlich schlucken.

Die Emancipirung einzelner Bewegungen vom Willen bleibt indeß nicht bei der theilweisen Befreiung stehen, die wir an den eben angeführten Beispielen sahen, sondern sie geht noch weiter. Es giebt im Körper eine ganze Reihe von Bewegungen, die der Herrschaft unseres Willens entzogen sind. Die Bewegungen des Herzens, der Gedärme, der ausführenden Gänge der Drüsen gehören zu dieser Klasse der unwillkürlichen Bewegungen, welche auch meist durch eigenthümliche, sogenannte glatte Muskelfasern bedingt werden. Das Herz besitzt noch quergestreifte Muskelfasern

ähnlich denen der willkürlichen Muskeln; der Darm hingegen, die Drüsengänge zeigen nur einfache Primitivfäden, welche nicht bündelweise in Scheiden eingehüllt sind und deshalb auch keine Querstreifen zeigen. Wir haben schon oben gesehen, daß diese Bewegung in Folge der eigenthümlichen Stellung des sympathischen Nervensystemes auch in ganz besonderen Beziehungen zu dem Centralnervensysteme und den peripherischen Ausstrahlungen desselben steht. In der regelmäßigen Fortsetzung der wurmförmigen Bewegungen von oben nach unten, den Zusammenziehungen des Herzens von den Vorhöfen nach den Kammern, muß man ähnliche nothwendige Combinationen erkennen, wie diejenigen, welche wir so eben bei den willkürlichen Muskeln erwähnten.

Durch die tanzenden Tische und die Klopfgeister ist man in der neuesten Zeit auf eine Reihe von Erscheinungen aufmerksam geworden, die lediglich von der Thätigkeit des Muskelsystemes abhängen. Der Wille übt auf die Muskeln einen ähnlichen Einfluß, wie der galvanische Strom : er dient als Reiz, um eine Zuckung hervorzubringen. Eine jede stetige Bewegung, die wir auszuführen haben, ein jedes Verharren in irgend einer Muskelzusammenziehung beruht eigentlich nur auf einer Reihe kleinerer Zusammenziehungen, deren Spielraum die von uns selbst gesetzte Grenze nicht überschreitet. Die dauernde Contraction eines Muskels oder einer Muskelgruppe läßt sich demnach mit dem Starrkrampfe vergleichen, der in Folge der Einwirkung einer electrischen Rotationsmaschine oder eines Magnetelectromotors deshalb eintritt, weil die einzelnen electrischen Schläge, die eine Zuckung veranlassen, zu schnell auf einander folgen, um eine zwischenliegende Erschlaffung zu gestatten. Die dauernde Zusammenziehung eines Muskels ist ebenfalls nur eine Summirung solcher in sehr geringer Zeit auf einander folgender Willensstöße, welche keine zwischenliegende Erschlaffung aufkommen lassen. Man kann sich hiervon auf das Deutlichste überzeugen, wenn man nur die Zusammenziehung so lange anhalten läßt, daß Ermüdung eintritt. Die Reizbarkeit der Muskeln, die Leitungsfähigkeit der

Nerven, vielleicht auch die Empfänglichkeit derjenigen Hirnstelle, von welcher der Willensanstoß ausgeht, erschöpfen sich allmählich, und statt des anhaltenden Starrkrampfes treten gewissermaßen Wechselkrämpfe ein. Die einzelnen Willensstöße werden langsamer, der Muskel antwortet langsamer darauf; dieselbe Bewegung, die früher stetig war, wird zitternd, unstet und zeigt deutlich ihre Zusammensetzung aus einzelnen Contractionen. Bei noch stärkerer Ermüdung bedarf es einer Ueberwindung des Willens, um diese Wechselzusammenziehungen zu heben. Die Willen erzeugende Hirnstelle kommt in einen Zustand krankhafter Ueberreizung.

Die Anwendung dieser unmerklichen, in geringen Zeitfolgen rasch sich folgender Bewegungen auf ein günstiges Kraftmoment, indem man die Contractionen mehrerer Personen summirt, liegt bei unerfahrenen Tischdrehern der Erscheinung zu Grunde. Man muß hier mit ausgespreizten Händen, in unbequemer Stellung so lange warten, bis die erste Periode der Ermüdung, die zeitlich wahrnehmbaren Muskelstöße eintreten. Das Schließen der Kette durch Berührung der Finger und die übrigen Vorsichtsmaßregeln dienen nur dazu, durch Häufung der Unbequemlichkeiten und durch Fesselung der Aufmerksamkeit diese Periode schneller herbeizuführen. Die Uebertragung dieser kleinen Kräfte auf den Tisch zur Erzeugung eines mechanischen Kraftmomentes ist jetzt zu genau nachgewiesen, als daß es in dieser Beziehung weiterer Ausführung bedürfte.

Hierzu kommt noch, und namentlich bei Erfahrenen und Geübten, ein zweites Moment: die unbewußte Herrschaft unseres Willens über unsere Bewegungen, der erste Grad einer Kette von Erscheinungen, die auf ihrem Endpunkte an dem Schlafwandeln ankommen. Jeder feste Willensvorsatz übt einen solchen Einfluß aus, daß er auch unbewußt die Bewegungen in gewisser Weise beherrscht. Je nervenschwacher, reizbarer die Personen sind, desto leichter tritt dieser unbewußte Willenseinfluß hervor, und ihm ist es zu verdanken, daß die Tische durch Klopfen Vorstellungen und Gedanken von Personen, welche betheiligt sind, in

für Laien überraschender Weise kund geben. Darum ist es jetzt eine festgestellte Thatsache, daß die Tische nur in solchen Sprachen reden und Antwort geben, welche von den Anwesenden oder wenigstens Einem der Anwesenden verstanden werden; daß sie aber stumm bleiben oder nur sinnlose Buchstaben abklopfen, wenn sie in deutscher Gesellschaft russisch oder arabisch antworten sollen.

Dies die einfachen Gründe der Erscheinungen, auf welche gestützt unsägliche Narrheit aufs Neue den Weg durch die ganze Welt gemacht und damit den Beweis geliefert hat, daß der Unverstand und die Unfähigkeit, Thatsachen als solche aufzufassen und ihrem Wesen nach zu untersuchen, noch immer bei dem Menschengeschlecht vorwiegen und den Hemmschuh der weiteren Entwickelung bilden. Auch bei dieser Gelegenheit hat man sich wieder überzeugen müssen, daß der Aberwitz desto weiter sich verbreitet und desto längere Geltung behält, je weiter er sich von jeder vernünftigen Grundlage entfernt, und daß der Grundsatz des heiligen Augustin „credo, quia absurdum“ noch immer die unbewußte Richtschnur der auf verfehlter Grundlage Erzogenen bildet. Von den Betrügereien, die bei all diesen kleinen Familiencomödien mit unterlaufen, und die um desto sicherer geübt werden, je weniger erstaunte und betroffene Verwandte sich vor ihnen in Acht nehmen, will ich ganz schweigen. Meiner Erfahrung zufolge sind es junge, in der Geschlechtsentwickelung begriffene Mädchen, welche die ausgezeichnetsten „Media“ für solche Farcen bilden. Man braucht aber nur einigermaßen in der Geschichte der medicinischen Täuschungen und auch in der gerichtlichen Medicin bewandert zu sein, um zu wissen, welch unerschöpflicher Schatz von Espieglerie auch in den unschuldigst erscheinenden Mädchen dieses Alters verschlossen ist.

Zum Schlusse dieses Briefes sei noch kurz einer eigenthümlichen Erscheinung erwähnt, deren Existenz eigentlich nur bekannt ist, ohne daß wir uns einen Begriff von ihrem Nutzen machen könnten. Ich meine die sogenannte Flimmer- oder Wimperbewegung.



Fig. 66.
Isolirte Flimmerzellen. a. b. kegelförmig; c. verlängert, kurzgeschwänzt; d. langgeschwänzt mit zwei Kernen.

Die Schleimhaut der Nase, der Luftröhre, der inneren weiblichen Geschlechtstheile ist beim Menschen von einer eigenthümlichen Lage einer Oberhaut überzogen, die aus kleinen Zellen besteht, deren jede mehrere unendlich kleine Wimperhaare trägt, welche in beständig schwingender Bewegung sind. Nur die Zerstörung der Zelle oder der Wimpern hemmt die Bewegung, jeder andere Einfluß ist unwirksam; sie hängen weder von dem Nervensysteme, noch von dem Kreislaufe ab; die Wimpern abgeschabter, isolirter Zellen flimmern so lange fort, bis die Zelle sich zu zersetzen anfängt. In dem Thierreiche ist diese Erscheinung ungemein weit verbreitet, und man kann fast sagen, daß um so mehr Oberflächen des Thieres flimmern, je tiefer das Thier selbst in der Reihe steht. Das Phänomen ist indeß nicht blos auf das Thierreich beschränkt; die Samenkörner oder Sporen der meisten niederen Wasserpflanzen, der Algen und Tange besitzen ebenfalls einen Ueberzug von Flimmerhaaren, womit sie sich sehr behende im Wasser nach allen Richtungen hin bewegen, und zwar in einer Art bewegen, daß die Zweckmäßigkeit und man möchte fast sagen die Willkürlichkeit dieser Bewegungen kaum in Abrede zu stellen ist. Die willkürliche Bewegung mittelst eigener Bewegungsorgane war bisher das letzte Criterium für den Unterschied zwischen Thieren und Pflanzen in jenem Bereiche der niedersten Geschöpfe, wo die beiden sonst so verschiedenen Typen der organischen Wesen einander die Hand zu reichen scheinen; die Beobachtungen der letzten Zeit haben dieses früher so leicht erfaßliche Kennzeichen untauglich gemacht. Es ist wahrlich unmöglich, an den Bewegungen allein zu unterscheiden, ob man die Spore einer Alge oder ein grünes Infusions-

thierchen vor sich habe; erst wenn man die Algenspore sich setzen und fadenartig verlängern sieht, erst dann erkennt man ihre pflanzliche Natur. Das Beispiel des größten Infusorienkenners unserer Zeit beweist, wie unmöglich die aus der Bewegung entnommene Unterscheidung ist. Sein Buch wimmelt von pflanzlichen Organismen, die als Thiere beschrieben sind.

Bei vielen niederen Thieren ist die Flimmerbewegung das einzige Bewegungsmittel; bei anderen bewegt sie die Nahrungsmittel im Innern des Darmes, das Blut im Innern der Gefäße, das Athmungswasser an der Oberfläche der Kiemen oder der Haut. Auch bei dem Menschen muß auf der Oberfläche der flimmernden Schleimhäute ein beständiger Strom stattfinden, da die Wimperhaare, welche sich auf einer Membran befinden, nach derselben Richtung hin schlagen. Man hat geglaubt, daß dieser Strom die Beförderung des Schleimes nach außen übernehmen könne, daß er auf anderen Häuten durch Beförderung von außen nach innen besondere Zwecke erfülle; allein es hat sich gezeigt, daß er meist in entgegengesetzter Richtung lief, als man voraussetzte. Bis jetzt kann man nicht einmal eine Vermuthung haben, weshalb die Natur einzelne Schleimhäute mit solcher Flimmerbewegung versehen habe und andere nicht; der Zweck derselben ist uns gänzlich unbekannt.

Siebzehnter Brief.

Die Stimme und Sprache.

Die Veredlung des Menschengeschlechtes, seine selbstständige Fortbildung ist einzig möglich gemacht worden durch die Fähigkeit, mittelst der Sprache die Gedanken mittheilen zu können, welche dadurch Gemeingut Aller werden müssen, während sie bei den Thieren größtentheils auf den Besitz des Individuums eingeschränkt, mit der Vernichtung desselben untergehen und keinen weiteren Einfluß auf die Veredlung der Art ausüben. Ich will damit nicht behaupten, daß die Thiere nicht fähig seien, einander Mittheilungen zu machen, die mehr oder weniger umfassend sind, je nach dem Gesichtskreise ihrer Ideen; ich glaube im Gegentheile, daß die Sprache der Thiere kein leeres Spiel der Phantasie ist, sondern daß eine solche existirt, die aber etwa eben so beschränkt ist, als die Sprache der Cretins, welche nur fähig sind, die gewöhnlichsten Thatsachen und Vorkommnisse einander durch gewisse Bewegungen oder durch Töne mitzutheilen. Hund Scipio und Berganza sind Schöpfungen der Phantasie; wenn aber Jagdhunde mit einander jagen gehen, erst eine Zeitlang gesenkten Kopfes neben einander hertrotten, dann plötzlich sich trennen und nun der eine schnurstracks nach einem bekannten Wechsel läuft, während der andere im Walde sucht und den Hasen nach dem Orte hintreibt, wo sein Kamerad wartet — will man dann läugnen, daß Verabredung zwischen den Hunden stattgefunden

und beide überein gekommen sind, der eine zu jagen und der andere an bestimmter Stelle zu warten?

Die Beobachtungen Huber's über die Ameisen namentlich haben nachgewiesen, daß diese intelligenten Thierchen eine Zeichensprache haben, die gewiß eben so ausgebildet und vollständig ist, als die Zeichensprache der Taubstummen. Die Töne, welche viele Thiere von sich geben, sind durchaus den verschiedenen Lebenszwecken angepaßt. Hier dienen sie als Warnung, dort als Lockung, so daß eine vollständige Reihe von Empfindungen und Seelenzuständen mitgetheilt werden kann. Wir verstehen meist diese Zeichen- und Tonsprache nur deshalb nicht, weil wir durch längeren Umgang und genauere Analyse der einzelnen Zeichen und ihrer Folgen uns nicht daran gewöhnt haben, ihre Bedeutung aufzufassen. Der Fremde, der in ein Taubstummeninstitut eintritt, ist ebenfalls unfähig, die Unterhaltung der Zöglinge zu begreifen, die dem Lehrer vollkommen geläufig ist. Faßt man die Entwickelung der Sprache und der entsprechenden Schriftzeichen, so wie sie uns historisch vorliegen, oder die Ausbildung bei dem Kinde von der Geburt an ihren verschiedenen Phasen nach zusammen, so unterliegt es keinem Zweifel, daß in der Thierwelt eine durchaus ähnliche Stufenfolge der Mittel zur Gedankenmittheilung existirt, die aber nur auf einem weit tieferen Punkte, auf demjenigen der Geberdensprache oder der einfachen Lautsprache stehen bleibt, in Uebereinstimmung mit den geringeren geistigen Fähigkeiten der Thiere. Die Sprache des Menschen ist deshalb eben so wenig ein absoluter, in dem Bau des Kehlkopfes bedingter Vorzug, als Malerei und Bildhauerkunst ein in der Ausbildung der Hand begründeter Vorzug sind. Es giebt überhaupt keine einzige Function des menschlichen Körpers und somit auch keine einzige Eigenschaft des Geistes, die dem Menschen allein zukäme und die ihn absolut von allen anderen Geschöpfen unterscheiden könnte. Die Ueberlegenheit des Menschen beruht in der zweckmäßigen Vereinigung der Fähigkeiten und der weiteren Höherbildung der thierischen Grundlage.

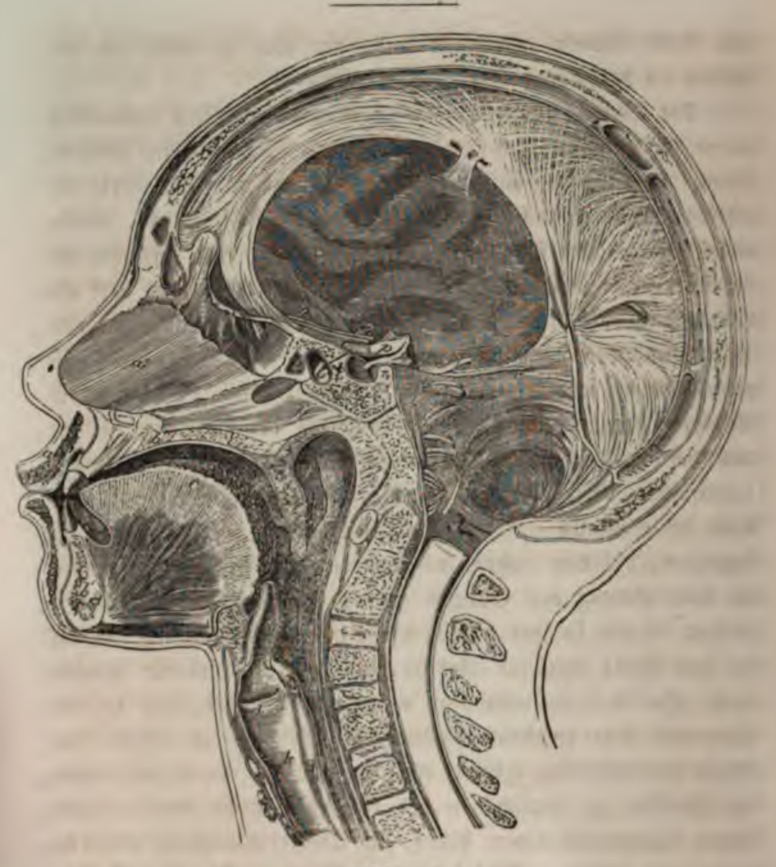


Fig. 67.

Durchschnitt des Kopfes, um die Stimmorgane zu zeigen. a. Lippe. a'. Nasenscheidewand. b. Knöcherner Gaumen. c. Zunge. d. Weiches Gaumensegel. e. Zäpfchen. f. Hintere Nasenöffnung. g. Rachenhöhle. h. Kehldeckel. i. Stimmritze. k. Höhle des Kehlkopfes. l. Schlund.

Das Organ der Stimmbildung ist der Kehlkopf, den das gewöhnliche Leben auch mit dem Namen des Adamsapfels belegt. Bei Männern bildet er meist einen deutlichen Vorsprung an der vorderen Seite des Halses, und die Tradition behauptet, Adam habe bei dem bekannten Apfelbiß sich heftig gegen das Zureden Eva's gesträubt, bis diese endlich ihm den Apfel halb mit Ge-

walt in den Mund gestopft habe, wobei ihm der Krutzen in die Luftröhre gerathen und dort stecken geblieben sei. Der Kehlkopf bildet den oberen Theil der Luftröhre; durch eine Längsspalte, die sogenannte Stimmritze, öffnet er sich in dem hinteren Theile des Rachens an der Wurzel der Zunge in die Rachenhöhle. Blickt man bei geöffnetem Munde, während man die Zunge mittelst eines Löffelstiels tief niederdrückt, in den Spiegel, so erblickt man im Hintergrunde der Mundhöhle auf beiden Seiten zwei spitzbogenartig gewölbte häutige Vorsprünge, die Gaumenbogen, welche Coulissen gleich nach der Mitte hin vorgeschoben und wieder zurückgezogen werden können. Von dem Dache der Mundhöhle herab senkt sich ein häutiger Vorhang mit einer mittleren beweglichen, hakenartigen Verlängerung, das Gaumensegel mit dem Zäpfchen. Alle diese im Hintergrunde der Mundhöhle angebrachten Gebilde schließen dieselbe bei geschlossenem Munde meist förmlich nach hinten ab, und hinter ihnen findet sich eine geräumige Höhle, die Rachenhöhle, in welche die Luftröhre durch die Stimmritze des Kehlkopfes, der Schlund und die Nasenhöhle durch ihre hinteren Oeffnungen einmünden. In diesem Punkte kreuzen sich mithin die beiden Wege für die Luft einerseits und die Nahrungsmittel anderseits. Der normale Weg für die Ein- und Ausathmung geht durch die Nase, den Kehlkopf, die Luftröhre; der normale Weg für die Nahrungsmittel durch Mund, Schlundkopf und Schlund. Während demnach bei ruhigem Athmen der Luftzug durch die beweglichen Gaumengebilde von dem Nahrungswege nach vorn gegen die Mundhöhle hin abgeschlossen ist, findet sich über der Stimmritze ein klappenartiger Deckel, der Kehldeckel oder die Epiglottis, durch welche beim Hinabschlingen der Speisen die Stimmritze verdeckt und somit der Luftweg geschlossen werden kann, während die Speisen an seiner Oeffnung vorbei in den Schlund gleiten, welcher hinter der Luftröhre sich öffnet. Bei dem Bilden artikulirter Töne endlich stehen beide Wege in ihrem vorderen Theil offen, und die beweglichen Gaumentheile, die Zunge und der Mund, nehmen den lebhaftesten Antheil an der Bildung und Modificirung einzelner Töne und

Buchstaben. Vor allen Dingen wird es nöthig sein, die Bedingungen zu untersuchen, welche der Tonbildung zu Grunde liegen, und dann erst nachzuforschen, inwiefern die gebildeten Töne bei der Sprache benutzt werden.

Der Kehlkopf bildet das obere angeschwollene Mundstück der Luftröhre, die durch ihre elastischen Knorpelringe beständig offen erhalten wird. Aus mehreren beweglichen Knorpeln zusammengesetzt, welche durch vielfache Bänder zusammengehalten, durch Muskeln sowohl einzeln gegen einander, als auch in ihrer Gesammtheit bewegt werden können, bietet der Kehlkopf ein äußerst veränderliches bewegliches Organ dar, dessen physikalische Verhältnisse nur äußerst schwer dem Versuche zugänglich waren. Erst der Scharfsinn und die Ausdauer neuerer Beobachter haben über diese Schwierigkeiten triumphiren und uns namentlich auch durch den Gebrauch des Kehlkopfspiegels ein, freilich auch jetzt noch unvollständiges Bild der an dem Kehlkopfe stattfindenden Thätigkeiten aufstellen können.



Fig. 68.

Senkrechter und querer Längsschnitt des Kehlkopfes, so dargestellt, daß man in die vordere Hälfte hineinsieht.

1. Zungenbein. 2. Schildknorpel. 3. Ringknorpel. 4. Erster Ring der Luftröhre. 5. Haut zwischen Zungenbein und Schildknorpel. 6. Kehldeckel. 7. Der hohle Vorsprung des Kehlkopfes in der mit A bezeichneten oberen Kehlkopfhöhle. 8. Die oberen Stimmbänder. B. Mittlere Kehlkopfhöhle (Morgagni'sche Tasche). 9. Die unteren, eigentlichen Stimmbänder. C. Untere Kehlkopfhöhle.

Auf dem letzten Ringe der Luftröhre sitzt ein vollständiger fester Knorpelring, der Ringknorpel, der vorne nur schmal ist, hinten aber breit wird, so daß er etwa wie ein großer Siegelring sich darstellt, bei welchem die breite Fläche des Siegels der Wirbelsäule und dem Schlunde zugekehrt ist, während die schmale Handfläche nach außen schaut. Auf diesem Ringe ruht vorne ein großer, winkelförmiger Knorpel, aus zwei unregelmäßig dreieckigen seitlichen Stücken bestehend. Dies ist der Schildknorpel, und die vordere Kante, in welcher sich seine beiden flügelartigen Seitenhälften vereinigen, bildet jenen Vorsprung am Halse der Männer. An der hinteren Seite dieser Flügel, zwischen ihnen und dem breiten Theile des Ringknorpels, finden sich zwei kleine, äußerst bewegliche Knorpel, die Gießkannenknorpel, welche so nach oben den Kehlkopf zurunden. Ueber dem Schildknorpel endlich steht aufrecht der zungenartig gestaltete Kehldeckel, der nach hinten überklappen und die obere Oeffnung des Kehlkopfes, die Stimmritze, schließen kann.

Die hauptsächlichsten Organe der Tonbildung sind zwei faserig elastische Bänder, welche von hinten nach vorn zwischen den Gießkannenknorpeln einerseits und der inneren Wand des Schildknorpels so ausgespannt sind, daß sie eine mittlere, mehr oder minder weite Spalte zwischen sich lassen. Diese elastischen Bänder sind die unteren Stimmbänder, ohne deren Mitwirkung kein Ton entstehen kann. Betrachtet man den Kehlkopf von unten her, nachdem man ihn von der Luftröhre losgetrennt hat, so sieht man die Höhlung des Ringknorpels oben geschlossen durch den feinen Spalt der Stimmritze, welche zwischen den unteren Stimmbändern liegt; in ähnlicher Weise zeigt sich die Stimmritze von oben, sobald man den Kehldeckel zurückgebogen und die sogenannten oberen Stimmbänder (die Taschenbänder) entfernt hat, welche indessen nur Haltbänder sind und zur Erzeugung der Töne in keiner Weise beitragen. Besonders bei älteren Individuen bleibt im hinteren Theile der Stimmritze, selbst bei sonst vollständigem Schlusse, ein kleiner Theil stets offen, die Athemritze (s. S. 287), die aber an der Stimmbildung keinen Theil nimmt. Schneidet man bei einem lebenden Thiere

ein Loch in die Luftröhre oder in den Ringknorpel unterhalb der Stimmbänder, so daß die ausgeathmete Luft nicht mehr durch die Stimmritze, sondern durch die künstliche Oeffnung entweicht, so ist jede Hervorbringung von Tönen unmöglich; — sobald man das Loch aber mit dem Finger schließt und so die Luft zwingt von neuem die Stimmritze zu durchströmen, werden auch wieder Töne erzeugt. Versuche an Thieren so wie Beobachtungen an Selbstmördern, deren Schnitt an dem Halse zu hoch angebracht war, führten ebenfalls zu dem Resultate, daß die Tonbildung nur durch die Stimmbänder geschehe. Man hat öfter solche Unglückliche behandelt, welche unmittelbar über dem Schildknorpel oder an dessen oberem Theile den Schnitt geführt und den Kehldeckel oder gar die obere Hälfte des Schildknorpels abgetragen hatten, so daß die Stimmbänder frei gelegt waren. Tonbildung war dann nach wie vor möglich, und nur wenn die Stimmbänder selbst verletzt waren, zeigte sich vollkommene Stimmlosigkeit.

Aus diesen Thatsachen schon geht hervor, daß die Luftröhre mit dem Ringknorpel eine Röhre darstellt, deren oberes Ende durch eine Ritze gebildet wird, an welcher zwei elastische Bänder angebracht sind, die mehr oder weniger gespannt werden können und die beim Blasen durch die Röhre (Ausathmen) den Ton hervorbringen. Das stimmbildende Organ stellt demnach eine Zungenpfeife dar, in welcher die Töne durch Schwingungen häutiger elastischer Zungen hervorgebracht werden und deren Ansprachrohr die Luftröhre ist. Die über den schwingenden Zungen, den Stimmbändern, gelegenen Theile, nämlich die weichen Theile des oberen Kehlkopfes, Kehldeckel, Rachen-, Mund- und Nasenhöhle bilden ein mannigfach complicirtes Ansatzrohr oder Verlängerungsrohr, in welchem theils durch Resonanz der Ton verstärkt, theils eigenthümlich modificirt wird.

Die verschiedene Höhe und Tiefe der Töne, welche an dem Kehlkopfe hervorgebracht werden, hängt von verschiedenen Bedingungen ab. Eine der wesentlichsten ist die größere oder geringere Spannung der Stimmbänder und die dadurch bedingte Häufigkeit der Schwingungen, welche sie in einer bestimmten Zeit

ausüben. Die Weite der Stimmritze hat auf die Höhe oder Tiefe der Töne keinen Einfluß; indeß ist es doch nothwendig, daß die Stimmritze eine feine linienförmige Spalte von höchstens einem Zehntel Zoll querem Durchmesser bilde. Ist die Stimmritze weiter, als eine Linie, so entsteht kein Ton mehr, sondern nur ein Röcheln und Rasseln; die Luft brodelt zwischen den Stimmbändern durch, ohne daß sie hinlänglich dieselben in Schwingung versetzen könnte, um einen wahren Ton zu erzeugen.

Sucht man mittelst des Kehlkopfspiegels die Functionen des Organes näher zu analysiren, so zeigt sich Folgendes.

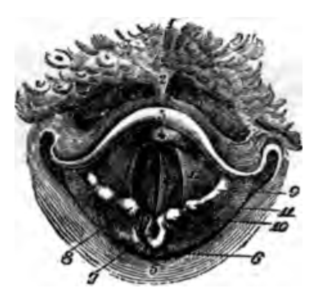


Fig. 69.

Spiegelbild des Kehlkopfes bei fast geschlossener Stimmritze. (Bei dieser und den folgenden Figuren ist wohl zu beachten, daß die vorderen, der Zunge zugewandten Theile oben, die hinteren unten erscheinen). 1. Zungenwurzel. 2. Hautfalte zwischen Zungenwurzel und Kehldeckel. 3. Oberer Rand des Kehldeckels. 4. Innere Hervorragung an seiner Basis. 5. Hintere Wand des Schlundkopfes. 6. Eingang in die Speiseröhre, als halbmondförmiger Spalt erscheinend. 7. Athemritze. 8. Stimmritze. 9. Hautfalten im Umkreise der Stimmbänder mit kleinen Erhöhungen, mit 10 und 11 bezeichnet. 12. Obere Stimmbänder. 13. Untere, eigentliche Stimmbänder.

In der Ruhe oder beim Singen eines hohen Tones mit starkem Vorziehen des Kehldeckels durch die Zunge zeigt sich ersterer wie ein stark an den Enden aufgekrümmter Bogen, dessen Ränder in die Schlundwand übergehen, welche sich wie eine schlaffe Sehne im Halbkreise herüber spannt. Eine Hautfalte umgiebt nach innen von diesem Halbkreise die beiden Stimmbänder, welche wie Coulissen von den Ecken des so umschriebenen linsenförmigen Raumes vorspringen, die äußeren, Halt- oder Taschenbänder die Ecken ausfüllend, die inneren die Stimmritze zwischen sich einschließend.

Lassen wir nun die unwesentlichen Theile weg, so zeigt sich bei ruhigem Ausathmen (A)

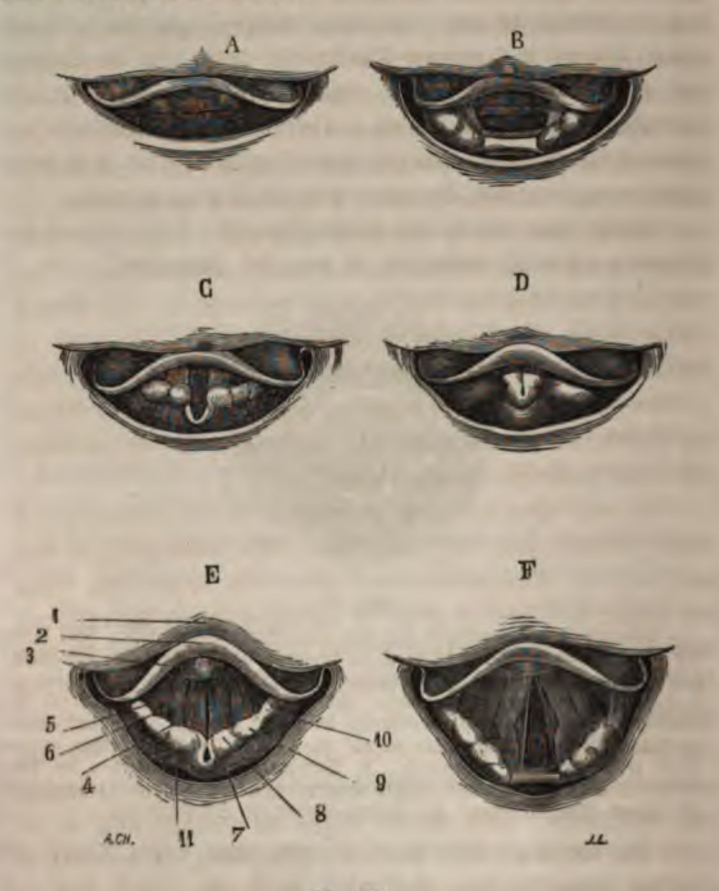


Fig. 70.

Spiegelbilder des Kehlkopfes bei verschiedenen Functionen. A. Ruhiges Ausathmen. B. Ausathmen mit vorgezogenem Kehldeckel. C. Stoßendes Ausathmen. D. Singen tiefer Töne. E. Singen hoher Töne. F. Schnelles Einathmen.

Zeichen zur Orientirung, nur bei E. angebracht: 1. Zungenwurzel. 2. Kehldeckelrand. 3. Innerer Vorsprung des Kehldeckels. 4. Inneres Stimmband. 5. Taschenband. 6. Stimmritze. 7. Athemritze. 8—10. Hautfalte mit Vorsprüngen. 11. Eingang zur Speiseröhre.

der Kehldeckel nach hinten zurückgezogen, die Stimmbänder weit auseinander gerückt, der Raum zwischen Kehldeckel und Schlundwand quer spindelförmig; zieht man beim Ausathmen den Kehldeckel durch die Zunge stark vor (B), so erscheint die Stimmritze als ein viereckiges Loch mit fast verschwundenen Stimmbändern; bei stoßweisem Ausathmen (Seufzen) (C) treten die Stimmbänder mehr vor, die Stimmritze erscheint als Längsspalte mit der Athemritze verschmelzend; bei tiefen Tönen (D) schließt sich die Athemritze, um alle Luft durch die kaum erweiterte Stimmritze treten zu lassen, die aber durch den zurücktretenden Kehldeckel unsichtbar wird; beim Singen hoher Töne (E) zieht sich der Kehldeckel vor, die Stimmbänder treten einander näher, die Stimmritze wird fein, die Athemritze ist fest geschlossen; endlich bei schnellem Ausathmen zwischen dem Singen (F) treten namentlich die hinteren Ränder der Stimmritze und die Athemritze auseinander, so daß das Ganze fast einen dreieckigen Raum darstellt.

So wie aber der Ton einer schwingenden Saite dadurch erhöht werden kann, daß man ihre Länge verkürzt, so ist dies auch mit den Stimmbändern der Fall. Je kürzer diese schon von Natur sind, oder je mehr sie am lebenden Kehlkopfe verkürzt werden, desto mehr erhöht sich der Ton. Auf diesem Grunde schon beruht der Unterschied zwischen den Tönen der männlichen Kehlköpfe einerseits und denjenigen der Frauen und Kinder andererseits. Die mittlere Länge der Stimmbänder des Mannes beträgt in der Ruhe 18¼ Millimeter, in der größten Spannung 23⅙ Millimeter; beim Weibe zeigen die Stimmbänder in der Ruhe eine mittlere Länge von 12⅜ Millimeter, in der größten Spannung 15⅜ Millimeter. Bei einem Knaben von 14 Jahren verhielten sich beide Maße in folgender Art: Länge in der Ruhe 10½ Millimeter, bei der größten Spannung 14½ Millimeter. Zu dem Unterschiede zwischen den verschiedenen Geschlechtern und dem Kindesalter trägt dann noch die verschiedene Geräumigkeit des Kehlkopfes, die Festigkeit seiner Wände, die Starrheit seiner Bänder bei. Der Kehlkopf des Mannes ist weit größer, der Winkel, unter welchem die beiden Flügel des Schildknorpels in

der Mittelkante zusammenstoßen, stärker, die Knorpel dicker und fester, die Bänder starrer. Daher dann auch die größere Unbeholfenheit in der schnellen Hervorbringung der Töne bei dem männlichen Geschlechte, der tiefere Klang, die eigenthümliche Farbe der hervorgebrachten Töne. Besonders die Starrheit der Bänder, Knorpeln und Muskeln scheint hier einen wesentlichen Einfluß zu üben, da die Singfertigkeit in geradem Verhältnisse mit der Stimmhöhe steht, vorausgesetzt, daß Uebung und Schule sonst gleich seien. Der Bassist bedarf im Durchschnitt mehr Zeit zur Hervorbringung einer Roulade, einer Tonfolge, als der Tenorist, und die Weiber sind in diesem Verhältnisse weit mehr bevorzugt, als die Männer. Die Musiker haben dies weit eher gewußt, als die Physiologen; die Baßstimmen bewegen sich meist in vollen Noten, während die Tenore Achtel anschlagen und die Soprane Zweiunddreißigstel trillern; und wenn zuweilen in komischen Opern scheinbare Ausnahmen vorkommen und zänkische Alte in raschen Noten sich vernehmen lassen, so bleibt die Stimme meist auf demselben Tone liegen und nur die Aussprache zerstückelt den langen Ton in viele einzelne.

Die elastischen Bänder, zu welchen eben die Stimmbänder gehören, haben indeß vor den Saiten, mit welchen sie öfter verglichen wurden, noch ein Verhältniß voraus, wodurch der Ton, welchen sie geben, erhöht oder erniedrigt werden kann. Bei sonst gleicher Spannung, die indeß nicht zu stark sein darf, kann eine elastische Zunge zwei sehr verschiedene Töne geben, je nachdem sie in ihrer ganzen Breite oder nur an ihrem Rande schwingt; in dem letzteren Falle ist der Ton weit höher, heller als in dem ersteren Falle. Bei dem menschlichen Stimmorgane ist diese Eigenthümlichkeit der elastischen Bänder in Anwendung gezogen und dadurch der Unterschied der Brusttöne und der Falsettöne bedingt. Beim Hervorbringen des Brusttones schwingen die Stimmbänder in ihrer ganzen Breite und Länge in wellenförmigen Biegungen; bei der Fistelstimme schwingt nur ihr innerster Rand, ebenfalls in seiner ganzen Länge. Je stärker das Stimmband gespannt ist, desto schwieriger ist es in seiner

ganzen Breite zum Schwingen zu bringen; mit zunehmender Spannung wird der schwingungsfähige Rand stets schmäler und schmäler, der Ton stets höher und höher. Wir können daher die oberen Töne unserer Stimme nur mit dem Falsetregister, d. h. mit randlich schwingendem Stimmbande geben, während wir in den Mitteltönen einen gewissen Umfang von Tönen besitzen, welche wir, je nach unserer Absicht oder Bequemlichkeit, entweder als Brustton oder als Falsetton ansprechen können. Singen wir die Tonleiter unserer Stimme von ihren tiefsten Tönen an, wo die Stimmbänder in ihrer ganzen Breite schwingen, so geben wir die höheren Töne weit leichter mit der Bruststimme, indem wir eben die Spannung nur nach und nach verstärken, das Stimmband aber bis zur letzten Grenze in seiner ganzen Breite schwingen lassen, um es dann in eine andere Stellung zu bringen, wo nur der Rand schwingt; fangen wir im Gegentheile die Tonleiter von oben an, mit nur randlich schwingenden Stimmbändern, so sprechen wir gewisse Töne im Falsettone an, welche wir von unten auf im Brusttone nahmen. Der Unterschied des Jodelns von dem gewöhnlichen Singen beruht wesentlich auf dem schnellen Wechsel zwischen Brustregister und Falsetregister; der Jodeler giebt die meisten Mitteltöne, welche ein anderer Sänger mit dem Brusttone singt, mit dem Falsetregister an, und bei dem schärferen Klange der Falsettöne erscheinen dieselben im Gegensatze zu den volleren Brusttönen weit höher und der Abstich bedeutender. Vielen Sängern ist es unmöglich, zu jodeln, weil ihnen der schnelle Absprung von Brustregister auf Falsetregister und umgekehrt nicht möglich ist, und die meisten Sänger wissen sehr gut, in welcher Tonfolge ihnen ein hoher Ton gegeben werden muß, damit sie ihn voll und tönend ansprechen können.

Eine letzte Möglichkeit der Erhöhung des Tones, welchen eine schwingende Zunge giebt, liegt in der Stärke des Windes, womit dieselbe angeblasen wird. Bei gleicher Spannung kann dadurch an den menschlichen Stimmbändern der Ton im Umfange einer Quinte erhöht werden. Man sieht leicht ein, daß diese

Wirkung des Windes lediglich auf der durch ihn bedingten Spannung der Stimmbänder beruht. Je stärker die ausgeathmete Luft gegen dieselben bläst, desto mehr werden die Stimmbänder hervorgetrieben und bei sonst gleicher Stellung der spannenden Knorpel wie ein Segel stärker angeschwellt und so ihr Ton erhöht. Es zeigt aber dies Verhältniß, daß das An- und Abschwellen der Töne beim Singen nicht so einfach ist, als manche Singlehrer sich vorstellen, sondern daß es eines wirklichen Studiums und vieler Uebung bedarf, bis der Sänger denselben musikalischen Ton bei Veränderung seiner Stärke genau inne hält. Je mehr er den Ton verstärkt durch heftigeres Ausathmen, desto mehr muß er die Stimmbänder abspannen, um die durch Verstärkung des Windes bewirkte Erhöhung zu compensiren. Nicht Jedem aber ist es gegeben, diese beiden Kräfte stets in vollkommenem Gleichgewichte zu halten, und sobald dies Gleichgewicht gestört ist, detonirt die Stimme beim Schwellen des Tones.

Durch verschiedene Spannung der Stimmbänder läßt sich allein schon ein Wechsel von Tönen im Umfange von etwa 2 Octaven bei gewöhnlichen Kehlköpfen hervorbringen. Der gewöhnliche Umfang einer Stimme beträgt 2, höchstens 2½ Octaven von Tönen, welche rein und musikalisch angegeben werden können; die meisten Menschen besitzen noch einige Töne darunter oder darüber, welche entweder schreiend oder zu dumpf sind, als daß sie beim Gesange benutzt werden können. Ausgezeichnete Sänger und Sängerinnen erreichen einen weit bedeutenderen Umfang; daß es Jemand bis zu 4 Octaven gebracht habe, ist nicht bekannt. Es ergiebt sich aus diesen Verhältnissen das einfache Gesetz, daß Lieder für gewöhnliche Einzelstimmen gesetzt niemals Melodieen haben dürfen, deren Grenzen über zwei Octaven hinausgreifen, und daß für Männerchor z. B. gesetzte Melodieen, welche über die Octaven hinausgreifen und wo die einzelnen Stimmen abwechselnd die Führung der Melodie übernehmen, im Chor sehr schön sein können, während sie als Einzelgesang ohrzerreißende Grölereien darstellen. Die „Wacht am Rhein" hat davon im letzten Kriege ein abschreckendes Beispiel geliefert.

Wenn wir aus den Versuchen an todten Kehlköpfen bis jetzt mit ziemlicher Genauigkeit die Bedingungen der Tonbildung ermitteln konnten, so fehlen uns dagegen noch alle näheren Angaben über das Verhalten der höheren Theile des Stimmapparates, zum Gesange namentlich. Daß dieselben den größten Einfluß auf die Tonfarbe, den Klang, die Fülle und Rundung des Tones haben müssen, kann nicht in Abrede gestellt werden; wir wissen aber nicht, welchen Beitrag der Kehldeckel, die Geräumigkeit der Rachenhöhle, der Nasenröhre, der Mundhöhle, die Bildung der Zunge, des Gaumens und der Lippen auf alle die Nebenverhältnisse haben, welche dem Gesange erst seine wahre Vollendung verleihen.

Die Sprache besteht in der Benutzung der verschiedenen Theile, welche mit den Luftwegen in Verbindung stehen, zu Geräuschen oder Klängen, die von der Stellung dieser Theile und dem durchstreifenden Luftstrome abhängen. Die Hervorbringung der Sprachtöne an sich ist durchaus unabhängig von dem Kehlkopfe und der Stimmritze. Man kann bekanntlich vollkommen deutlich und vernehmlich mit der Flüsterstimme sprechen, ohne daß ein musikalischer Ton dabei hervorgebracht wird. Einem Taubstummen gegenüber ist es vollkommen gleichgültig, ob man laut und vernehmlich spricht, oder ob man nur flüstert, indem man die Sprachwerkzeuge in bestimmte Stellungen bringt. Wenn demnach selbst neuere Forscher aus der Anatomie des Kehlkopfes und der Anwesenheit einiger Muskelchen mehr an dem Kehlkopfe einer Affenart dieser letzteren eine materielle höhere Bildung der Sprachwerkzeuge vindicirten, so zeigt dies nur, daß diese Herren über Sprachbildung selbst noch nicht einmal nachgedacht hatten. Bei den Consonanten betheiligt sich der Kehlkopf und die Stimmritze niemals; bei den Vocalen treten diese Theile nur dann in Mitwirkung, wenn laut gesprochen wird; allein auch dann bringen sie nur den musikalischen Ton hervor, der erst durch die verschiedenen Modificationen des Mundnasenrohres artikulirt und in einen Vocal umgewandelt wird. Die Stimmritze allein kann nie einen Vocal hervorbringen, ihre Schwingungen erzeugen nur den musikalischen Ton; wäre dies nicht der Fall, so könnte man

nicht jeden Vocal in jedem beliebigen Tone singen. Man wählt freilich bei Singübungen meist das a; allein dies nur aus dem einfachen Grunde, weil das a eben eine bedeutende Oeffnung des Mundes und der Zahnreihen verlangt und deshalb den Ton in seiner größten ursprünglichen Reinheit läßt, während alle anderen Vocale mehr oder minder eine Verkleinerung der Mundspalte, des Mundraumes oder der Gaumenhöhle verlangen, und dadurch den Ton mehr oder minder verhüllen und unklar machen. Nationen, welche das reine a in ihrer Sprache nicht besitzen, weil sie zu faul sind, den Mund gehörig zu öffnen, wie z. B. die Engländer, besitzen deshalb auch stets einen gequetschten unangenehmen Gesang, dessen sie nur durch größte Anstrengung sich entledigen können.

Dies hindert indessen nicht, daß jedem Vocale ein bestimmter Eigenton der Mundhöhle entspricht, welcher von deren Form, nicht von ihrer Größe abhängig ist und den man durch die Analyse der Vocale mittelst Stimmgabeln oder Resonatoren finden kann. So ist die trichterförmig gestellte Mundhöhle bei dem Vocale a auf das doppelt gestrichene, bei o auf das einfach gestrichene b abgestimmt. — Bei den übrigen Vocalen bildet die Mundhöhle eher eine Flasche mit engem Halse, wo Bauch und Hals zwei verschiedene Töne bilden, von welchen der höhere, dem Halse entsprechende, am Leichtesten zur Geltung kommt.

Es würde zu weit führen, hier nachweisen zu wollen, in welcher Weise die verschiedenen Theile der Sprachwerkzeuge arbeiten, um die einzelnen Buchstaben, seien es nun Vocale oder Consonanten, hervorzubringen. Der einzige Unterschied zwischen diesen beiden Reihen von Buchstaben besteht darin, daß bei den ersteren die Stimmritze wirklich einen musikalischen Ton hervorbringt, bei den letzteren aber nicht, und die Tonbildung, wenn eine solche vorhanden, in den vorderen Theilen der Sprachwerkzeuge geschieht. Meist indeß können die Consonanten nur als bestimmte Geräusche, bald durch diese, bald durch jene Organe hervorgebracht, aufgefaßt werden, und die Sprachen der civilisirten Völker besitzen nur solche Consonanten, welche Geräusche bilden. Bei geringeren Graden der Cultur werden indeß auch

Schnalz- und Knalllaute mit den Lippen und der Zunge hervorgebracht, denen man den Character des Tones nicht versagen kann, und man braucht wahrlich nicht zu den Hottentotten zu gehen, um solche Töne anwenden zu hören. Die Appenzeller Bauern schnalzen sehr oft mit der Zunge, statt Ja zu sagen, und ich kann versichern, daß ein solcher Schnalz nicht minder kräftig klingt, als ein guter Peitschenknall.

Mit Ausnahme des h, welches nur ein plötzliches rascheres Hervorstoßen der Luftströmung bezeichnet, zeigen alle Consonanten die Uebereinstimmung, daß bei unveränderter Stellung des Zungenbeines zum Kehlkopfe der Luftweg von der Stimmritze bis zur Mundöffnung irgendwo verengert wird, so daß die vorbeiströmende Luft ein Geräusch bildet. Nach dem Orte der Verengerung kann man so die Consonanten in drei Gruppen theilen : in der ersten, p, b, f, w, m umfassend, sind es entweder die beiden Lippen, oder eine Lippe mit einer Zahnreihe, welche einen mehr oder minder vollständigen Verschluß herstellt. Bei der Gruppe d, t, s, sch, j, l, n und dem Zungen-r wird der mehr oder minder vollständige Verschluß von dem vorderen Zungenende hervorgebracht, das sich an die Zähne oder den vorderen harten Gaumen anlegt. Bei g, k, ch und dem Nasen-n, sowie bei dem Gutturalen r wird der Verschluß an dem hinteren Theil der Zunge, zwischen diesem und den weichen Theilen des hinteren Gaumens hergestellt.

Der gegenseitige Umsatz der verschiedenen Vocale und Consonanten, der Uebergang der einen in die anderen hat zu einer ganzen Wissenschaft, der vergleichenden Sprachwissenschaft, geführt, auf deren weiser Benutzung gar viele unserer Kenntnisse über die Ausbreitung der verschiedenen Stämme und Arten des Menschengeschlechts auf der Erde beruhen. Ich sage, bei weiser Benutzung; denn wenn man, auf die zufällige Aehnlichkeit einiger Laute gestützt, die Neger aus einem gemeinschaftlichen Stamme mit uns Kaukasiern ableiten will; so heißt dies die Sache übertreiben. Man kann auch Aehnlichkeiten finden zwischen einem Kameel und einem Berge, und bei einiger Gewandtheit das Wort Verstand von dem griechischen Nus ableiten. Die Sprache ist das un-

mittelbare Erzeugniß des schöpferischen Geistes eines Volkes; sie steht im engsten Zusammenhange mit der Art und Weise seines Denkens, und wie der Einzelne, je nach der Eigenthümlichkeit seiner ganzen Individualität, sich in dieser oder jener Art auszudrücken pflegt, je nachdem seine Geistesbildung eine bestimmte Richtung hat; so drückt sich auch der Character und die Fortbildung eines Volkes wesentlich in den eigenthümlichen Zügen und dem Fortschritte seiner Sprache aus. Diejenigen Völker aber sind unabweislich zur Sterilität verdammt, bei denen eine fremde Sprache sich auf eine verschiedene Nationalität gepfropft hat, bei welchen Character und Bildung in wesentlichem Widerspruche mit ihrer Sprache stehen. Erst wenn der Widerspruch sich in einem Mischmasche gelöst hat, erst dann kann wieder eine eigenthümliche Richtung entstehen. Wir sehen dies deutlich in unserem Europa, wo politische Verhältnisse Manches anders geordnet haben, als es sein sollte. Die Engländer haben sich aus dem Chaos ihrer Sprachmischung zu einem eigenthümlichen Idiome erhoben, dessen Kürze und einförmige, langweilige, tonlose Modulation ihrem Character entspricht, in welchem sie mithin productionsfähig sind; im Elsasse hingegen, wo französisch und deutsch noch im Kampfe liegen, und das eine von oben, das andere vom Kerne des Volkes aus genährt wird, kann nichts Rechtes aufkommen, weil ein Element das andere erstickt. Solche Verhältnisse hallen lange nach; — das Waadtland spricht französisch, bildet sich französisch, will französisch sein; aber trotz dem empfindet es deutsch, hat deutsche Art zu schließen und zu denken und wird deshalb ewig steril bleiben, weil eben die Sprache dem geistigen Bedürfnisse nicht entspricht. Wie unsinnig deshalb eine Universalsprache ist, muß dem Befangensten einleuchten. Sie würde dem Bedürfnisse Niemandes entsprechen und bald wieder so gemodelt werden, wie der große indo-germanische Sprachstamm seine Dialecte modelte: zu unabhängigen Sprachen, in deren Keimen nur der gemeinschaftliche Ursprung ersichtlich ist.

Dritte Abtheilung.

Zeugung und Entwickelung.

Achtzehnter Brief.

Das Geschlecht.

In den vorhergehenden Abschnitten wurde der Mensch als einzelnes Individuum betrachtet und die verschiedenen Functionen zergliedert, welche das Leben des menschlichen Organismus im Allgemeinen zusammensetzen. Wir suchten, an der Hand der auf mancherlei Art gewonnenen Thatsachen, uns klar zu machen, wie diese verschiedenen Functionen des Lebens in einander greifen. Wir sahen Ernährung, Kreislauf und Absonderung einander wechselseitig die Hand bieten, um die verschiedenen, der Außenwelt entnommenen Stoffe dem Körper anzueignen, ihnen diejenige Form zu geben, welche dem menschlichen Typus angehört, und das Unbrauchbare auszuscheiden. Ferner untersuchten wir, in welchen Beziehungen das Individuum sich zu seinen Umgebungen befinde, und welche Organe des Körpers dazu bestimmt seien, Empfindung, Bewegung, so wie die Functionen des Geistes zu vermitteln. Dort die doppelte Buchhaltung des Lebens mit ihren Einnahmen und Ausgaben, ihrer Kasse, Gewinn nnd Verlust — hier die Correspondenz mit dem Copirbuche und dem innersten Geheimbuche, welches die letzten Resultate enthält. In allen diesen Untersuchungen wurde der fertige Mensch im erwachsenen Zustande betrachtet, abgesehen von seinem Geschlecht und von seiner allmählichen Entfaltung bis zu dem Höhepunkte seiner physischen Entwickelung : es wurde nur Rücksicht genommen auf

die Erhaltung des individuellen Lebens; in den folgenden Briefen aber handelt es sich darum, eine andere Seite des menschlichen Organismus ausführlich zu beleuchten und diejenigen Functionen zu besprechen, welche sich auf die Erhaltung der Gattung, auf die Fortpflanzung der Art beziehen.

Bevor ich die erste Auflage dieser Briefe der Oeffentlichkeit übergab, habe ich lange gezweifelt, ob ich überhaupt diesen Gegenstand zur Sprache bringen sollte in einem Buche, welches dem größern Publikum bestimmt ist. Meine Zweifel wurden von den Freunden, mit welchen ich hierüber berieth, weder beseitigt, noch verstärkt. Denn wie es in solchen Fällen immer zu geschehen pflegt, so waren die Einen dafür, die Andern dagegen, und Jeder hatte für seine Meinung Gründe, welche sich hören ließen. Eine sehr einfache buchhändlerische Erfahrung bestimmte mich endlich, die ursprüngliche Scheu zu überwinden, und hier die auf die Fortpflanzung bezüglichen Functionen eben so ausführlich zu behandeln, als alle übrigen physiologischen Fragen, von welchen man in sogenannten anständigen Gesellschaften etwa reden darf, während die im Folgenden zu besprechenden Gegenstände dem stillen Bewußtsein eines Jeden, oder auch den Anspielungen des Ungezogenen überlassen bleiben, und man sich auf den Göthe'schen Vers beruft:

> Man darf das nicht vor keuschen Ohren nennen,
> Was keusche Herzen nicht entbehren können.

Alle jene Bücher in Duodez oder noch kleinerem Format, welche Titel tragen wie: „Guter Rath für junge Eheleute" — „Das Geschlecht des Menschen" — „Untrügliches Mittel, gesunde Nachkommenschaft zu erzeugen" — „Der persönliche Schutz" — „Entdeckung des Geheimnisses, auch ohne Beihülfe der Männer Kinder zu erhalten" u. s. w.; — alle diese versiegelten oder offenen Erzeugnisse einer unverschämten Charlatanerie, welche mit der krassesten Unwissenheit Hand in Hand geht, finden einen vortrefflichen Markt und stets willige Käufer. Durch diese Bücher, gegen welche die früher so gewaltige Scheere der Censur stumpf schien und die sonst allwissende Polizei noch heute unbewaffnet

zu sein scheint, wird der abgeschmackteste Unsinn unter alle Welt verbreitet und Vorurtheile in Menge gesäet, deren Ausrottung kaum möglich ist. Es schien mir deshalb damals an der Zeit, die Resultate der neueren Wissenschaft, welche sich vorzugsweise und mit großem Erfolg in der jüngsten Zeit mit der Zeugung und Entwickelung des Menschen und der Thiere beschäftigt hat, in meiner Schrift niederzulegen, in der Hoffnung, daß ich das Meine zur Verbreitung richtiger Ansichten werde beitragen können. Denn mehr als alle andern der Physiologie angehörigen Gegenstände beschlägt der hier zu behandelnde das Wohl und Wehe der Menschheit im Ganzen. Es mag erlaubt sein, durch Unkenntniß oder Vernachlässigung der physiologischen Gesetze den eigenen Leib zu Grunde zu richten; — allein dies giebt noch nicht die Berechtigung, der Nachkommenschaft durch Vererbung seine physischen Gebrechen aufzubürden. Man klagt allgemein über zunehmende Verkrüppelung des Menschengeschechtes und thut Nichts, um vernünftige Ansichten über die Zeugung zu verbreiten; — ja, man öffnet einer nichtsnutzigen Literatur Thüre und Thor, und bedenkt nicht, daß die nachstehende Generation auch das Recht zu blühender und gesunder Existenz hat!

Die Fortpflanzung der Gattung ist bei den Menschen und den meisten Thieren durch den Gegensatz zweier Geschlechter möglich gemacht, welche man als männlich und weiblich bezeichnet. Bei den höheren Thieren ganz allgemein sind die Geschlechter auf verschiedene Individuen vertheilt, welche sich meistens nicht nur durch den Bau der speciell zu dieser Function bestimmten Zeugungsorgane, sondern auch durch mancherlei andere Eigenthümlichkeiten der gesammten Organisation unterscheiden. Nur in den niederen Sphären des Thierreichs findet man die Vereinigung beider Geschlechter in einem und demselben Thiere, den sogenannten Hermaphroditismus, und zwar in der Art, daß vollständige männliche und weibliche Zeugungsorgane in einem und demselben Individuum vereinigt sind. In den niedersten Organismen allein, welche durch ihren auf die höchste Einfachheit reducirten Bau die unterste Stufe des Thierreiches einnehmen,

scheint die geschlechtliche Zeugung die Ausnahme, die ungeschlechtliche die Regel zu sein. Bevor wir indeß hierauf näher eingehen, wird es nöthig sein, den Bau der Zeugungsorgane im Allgemeinen und derjenigen des Menschen im Besondern etwas näher anzugeben. Die Geschlechtsunterschiede im Bau des Gesammtkörpers weitläufiger auseinanderzusetzen halten wir für überflüssig; kennt ja doch Jeder die Verschiedenheit der männlichen und weiblichen Formen, deren ins Einzelne gehende Beschreibung mehr dem Gebiete der darstellenden und bildenden Kunst, als demjenigen der Physiologie angehört.

Weibliche Geschlechtsorgane nennt man diejenigen besonderen Organe des thierischen Körpers, in welchen ein Keim bereitet wird, der sich unter gewissen Verhältnissen zu einem neuen Individuum entwickelt. Dieser Keim oder das Ei wird in den meisten Fällen in einem speciell dazu bestimmten Organe, dem Eierstocke, vorgebildet, und zur Zeit seiner Reife aus diesem ausgestoßen, um sich zu entwickeln und außerhalb des mütterlichen Organismus ein eigenes, individuelles Leben fortzusetzen. Bei den meisten Thieren befinden sich besondere röhrenförmige Organe, durch welche das Ei allmählich nach außen geleitet wird, und zugleich, je nach den speciellen Verhältnissen der Fortpflanzung, verschiedene Stoffe zu Schutz und Nahrung umgebildet erhält. Diese Eileiter münden zuweilen unmittelbar in die äußeren Geschlechtsöffnungen, während sich in anderen Fällen ein Mittelglied, eine Brutstätte, bildet, in welchem das Ei noch innerhalb des mütterlichen Organismus eine weitere Ausbildung erlangt. Die meisten Thiere entstehen, sowie der Mensch, aus Eiern. Das menschliche Weib erzeugt eben so gut Eier, als der weibliche Vogel oder Fisch, und der Unterschied zwischen lebendiggebärenden und eierlegenden Thieren besteht, wie wir bald sehen werden, nur darin, daß das Ei bei den Einen in unentwickeltem Zustande ausgeworfen wird, während es sich bei den Anderen innerhalb der mütterlichen Geschlechtsorgane weiter entwickelt, und erst das aus ihm entstandene Individuum nach außen gebracht wird. Der Unterschied zwischen „eierlegenden" und „leben-

diggebärenden" Geschöpfen ist demnach kein ursprünglicher, sondern nur ein durch spätere Ausbildung des Keimes gewordener. Er fällt aber deshalb leicht in die Augen, weil bei den Eierlegern das Ei durch die Schutzgebilde, die es erhält, so wie durch das Nahrungsmaterial, das darin für das werdende Junge aufgehäuft wird, eine ansehnlichere Größe erhält.

Die männlichen Geschlechtsorgane bereiten den Samen, d. h. eine Flüssigkeit, ohne welche das Ei meistens nicht zur Entwickelung würde gelangen können. Die Berührung beider Producte, und zwar die unmittelbare Berührung derselben, ist in der Regel nothwendig zur Erzeugung eines neuen Individuums. Bei denjenigen Thieren, bei welchen das Ei noch in unentwickeltem Zustande als Ei aus dem weiblichen Organismus ausgestoßen wird, findet die Berührung der beiderseitigen Zeugungsproducte meist auch außerhalb des Organismus statt, und die geschlechtliche Function beschränkt sich einzig auf diese Befruchtung. Bei denjenigen Thieren aber, bei welchen das Ei innerhalb des mütterlichen Organismus sich entwickelt, müssen auch die beiderseitigen Zeugungsstoffe innerhalb des mütterlichen Organismus einander berühren und deshalb eine wahre Begattung statt haben, durch welche eben der Samen in die weiblichen Zeugungsorgane eingeführt wird. Auch in den männlichen Zeugungsorganen unterscheidet man samenbereitende Organe, oder die Hoden, und ausführende Röhren, die Samenleiter, wozu sich noch bei vielen anderen und bei allen höheren Thieren besondere äußere Begattungsorgane gesellen.

Das samenbereitende Organ oder der Hoden besitzt bei allen Thieren ohne Ausnahme einen drüsigen Bau, indem er aus einzelnen, mehr oder minder langen Röhren zusammengesetzt ist, welche meistentheils sich mannigfach unter einander verwickeln und verschlingen, am Ende aber sämmtlich in einen einzigen Kanal münden, der meist vielfach geschlängelt nach außen verläuft. Die Hoden sind, mit nur geringen Ausnahmen, doppelt vorhanden und symmetrisch zu beiden Seiten der Körperaxe gelagert; bei der Mehrzahl der Wirbelthiere findet man sie im

wellenförmige Bewegungen ein eigenthümliches Flimmern erzeugen, das man früher einem wahrhaften Flimmerepithelium zuschrieb. Die größte Abweichung in Form und Verhalten der Samenelemente zeigt sich bei den krebsartigen Thieren, bei welchen sie in Form von Tönnchen oder Fäßchen erscheinen, von welchen starre Spitzen auslaufen, an denen man noch keine Bewegung bemerkt hat.

Diese Bewegung, welche im Uebrigen den ausgebildeten Samenfäden aller Thiere zukommt, ist meistens wellenförmig durch die Schwingungen des Schwanzes hervorgebracht, und läßt sich am besten mit den Schwimmbewegungen eines Aales oder einer Schlange vergleichen. Wenn indeß auch diese Schwingungen mit ziemlicher Schnelligkeit ausgeführt werden, so ist doch die dadurch bewerkstelligte Ortsbewegung selbst nur äußerst langsam. Messungen, welche man unter dem Mikroskop vorgenommen hat, zeigen, daß die Samenfäden in einer Minute etwa den Raum einer Pariser Linie durchlaufen können. Diese Bewegungen werden durch Substanzen gehemmt, welche den Samenfaden in seiner chemischen Zusammensetzung angreifen, erhalten sich hingegen in solchen Flüssigkeiten, deren Mischung oder Concentrationszustand keinen nachtheiligen Einfluß ausübt. Meistens bewegen sich die Samenfäden einzeln, mit dem Körperende voran; bei vielen Thieren bemerkt man indeß, daß sie sich büschelförmig zusammenlegen, und zwar alle in derselben Richtung, Körper an Körper, Schwanz an Schwanz, und daß diese Bündel wie ein einziger Faden wellenförmig schwingend sich fortbewegen. Bei den Heuschrecken schießen sogar diese Bündel um eine gemeinsame Längenaxe an, und bilden so federartige Gestalten, welche sich wellenartig fortbewegen und unter dem Mikroskope einen überraschend schönen Anblick gewähren.

Es war natürlich, daß man die eben beschriebenen Elemente des Samens so lange für Thiere ansah, als man noch keine anderen selbstständig bewegten Formelemente des Körpers kannte. Sobald indeß die Flimmerbewegung entdeckt wurde und bei dieser Zellen nachgewiesen wurden, deren Verlängerungen in selbst-

ständiger Weise zu schwingen befähigt sind, mußte der Glaube an die thierische Natur der Samenelemente stark erschüttert werden, und seitdem man gar die eigenthümliche Entwickelung derselben im Hoden kennen gelernt hat, ist diese Ansicht allgemein verlassen worden. Es finden sich nämlich bewegliche Samenfäden nur in den zeugungsfähigen Individuen. Ihr Erscheinen bezeichnet den Eintritt der Mannbarkeit, mit deren Erlöschen sie wiederum verschwinden. Bei denjenigen Thieren, welche einer periodischen Wiederkehr der Brunst unterworfen sind, zeigen sich ausgebildete Samenfäden auch nur zur Paarungszeit und verschwinden nach dem Aufhören dieser Periode. Bei diesen Thieren also konnte man gegen den Eintritt der Paarungszeit hin die Entwickelungsgeschichte der Samenfäden verfolgen, und sobald man einmal die Entwickelungsgeschichte derselben bei einem Thiere kannte, war es sehr leicht möglich, bei solchen Thieren, die das ganze Jahr hindurch zeugungsfähig sind, die unausgebildeten Samenelemente zu erkennen und deren Entwickelung zu betrachten. Diese Untersuchungen, welche seither noch auf viele Thiere ausgedehnt wurden, haben etwa Folgendes ergeben.

Bei Säugethieren und beim Menschen findet man in der Jugend innerhalb der Samenkanälchen nur kleine helle Zellen, ähnlich denen anderer Drüsengebilde. Beim Eintritte der Geschlechtsreife aber sind diese Zellen bedeutend größer geworden und haben sich zugleich durch Sprossung und Theilung vermehrt, welche Vermehrung während der ganzen Dauer der Geschlechtsreife sich fortsetzt. Bei vielen Thieren bleiben die Zellen mit einem kleinen, hellen Kerne versehen, bei andern enthalten sie schließlich eine Menge rundlicher, heller Kerne, meist bis zehn, zuweilen aber selbst bis zwanzig, die an der Zellenwand anliegen. Jeder Kern hellt sich auf, wird länglich und tritt an der einen Seite aus der Zelle aus. Auf der anderen Seite differenzirt sich aus dem Zelleninhalte der Faden hervor, welcher mit dem Kerne in Verbindung tritt. Die Zellensubstanz, welche anfänglich noch sackförmig den Kern und oberen Theil des Hodens umschloß, schwindet mehr und mehr und bleibt nur noch zuletzt als

etwas dickeres Verbindungsstück zwischen dem Kopfe und dem Schwanze des Samenfadens. Dieser wird so nach und nach frei, wenn nur ein Kern in der Zelle sich befand; — wenn mehrere, so sind die Samenfäden anfangs erst in Bündeln vereinigt, dann aber gänzlich frei und bewegt. Im Hoden selbst sind die Samenfäden fast immer noch in den Zellen eingeschlossen, die erst in den Gängen des Nebenhodens und der Samenleiter verschwinden, und je weiter gegen den Anfang man eine Hodenröhre untersucht, desto weniger entwickelt sind die Kerne und die einzelnen Samenfäden. Es lehrt diese Entstehungsweise auf das Klarste, daß die Samenfäden keine selbstständig organisirten Thiere sind, welche etwa in demselben Verhältnisse zu dem Organismus stehen, wie Schmarotzer und Eingeweidewürmer, sondern daß sie bewegliche Formelemente darstellen, ähnlich den Flimmerzellen. Man hat in dem Gehörorgane der Lampreten Flimmerzellen gefunden, an deren rundlichem Körper nur ein einziger peitschenförmiger Anhang sich befindet, der eine bedeutende Länge besitzt und wellenartige Bewegungen macht. Eine solche isolirte Flimmerzelle sieht einem Samenfaden auf das Täuschendste ähnlich und läßt sich auch in der That durchaus mit demselben vergleichen.

Die Samenfäden sind die einzigen Formelemente des Samens, welche w e s e n t l i c h für die Befruchtung sind. Ihr Auftreten zur Zeit der Mannbarkeit, ihr Verschwinden nach dieser Epoche liefert schon hierfür einen Beweis; — noch mehr aber bezeugten dies directe Versuche, die wir später anführen werden. Die Flüssigkeit, in welcher die Samenfäden schwimmen, und welche theils von den Hoden, theils von einigen Nebendrüsen geliefert wird, ist gewiß nur dazu bestimmt, die Ausführung und Fortbewegung der Samenfäden zu vermitteln. Sie hat selbst keine befruchtende Eigenschaft.

Die w e i b l i c h e n Z e u g u n g s o r g a n e, welche in durchaus analoger Weise gebaut sind, wie die männlichen, und sogar in ihrem ursprünglichen Zustande beim Beginne der Entwickelung nicht von denselben unterschieden werden können, liegen sämmt-

lich in der Bauchhöhle, und zwar in dem tiefsten Grunde derselben, sobald man sich das Weib in aufrechter Stellung denkt. Die keimbereitenden Organe oder die Eierstöcke sind zwei bohnenförmige plattgedrückte Körper, die an einigen Falten des Bauchfells beweglich aufgehängt sind. Ein festes faseriges Gewebe bildet bei dem Menschen und vielen Säugethieren die Hauptmasse dieser Organe. Untersucht man die Eierstöcke aufmerksamer, so findet man innerhalb dieses Gewebes unregelmäßig zerstreut eine große Menge rundlicher Höhlungen oder Käpselchen, welche mit klarer, wasserheller Flüssigkeit erfüllt scheinen. Die größten dieser Kapseln, welche man nach ihrem Entdecker die Graaf'schen Bälge zu nennen pflegt, befinden

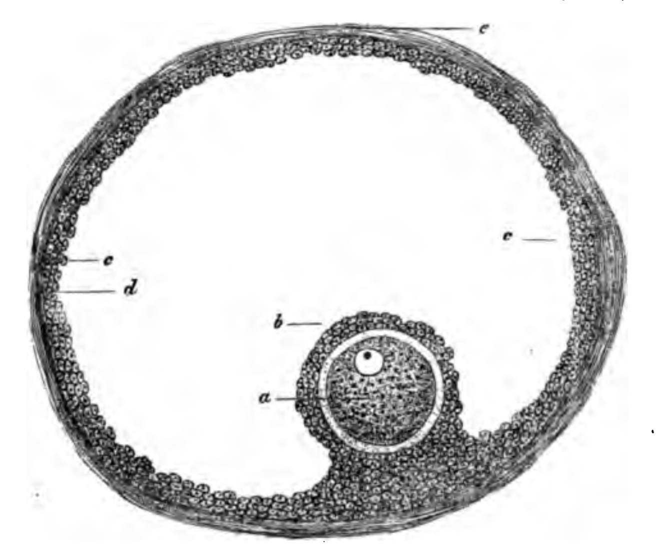


Fig. 72.

Idealer Durchschnitt eines Graaf'schen Follikels bei starker Vergrößerung. a. Das Ei umgeben von der kreisförmigen, hellen Zona oder Dotterhaut, und das excentrisch gelegene durchsichtige Keimbläschen mit dem Keimflecke innerhalb des körnigen Dotters einschließend. b. Epithellage, welche das Ei einschließt (Discus proligerus) und sich in das Epithelium c fortsetzt, welches den Follikel auf der Innenfläche auskleidet. d. Kapsel des Follikels, aus Bindegewebe gebildet. e. Außenfläche.

sich an der Oberfläche des Eierstockes, unmittelbar unter dem glänzenden Ueberzuge, womit ihn das Bauchfell umhüllt, während die kleineren, unentwickelteren Follikel mehr in dem Innern vergraben liegen. Man hielt diese Bläschen früher für die wirklichen Eier, und erst der neueren Zeit war es vorbehalten, den wahren Bau dieser Theile näher zu erforschen, und festzustellen, daß das eigentliche Ei der Säugethiere und des Menschen erst im Innern dieser Kapseln liege, und höchstens $^1/_{10}$ Linie im Durchmesser habe, während der Graaf'sche Balg oder der Follikel, wie wir ihn fortan der Kürze halber benennen wollen, oft bis zur Größe einer kleinen Erbse anschwillt.

Es ist von der höchsten Wichtigkeit, die Structur des Follikels sowohl, als auch diejenige des Eies genauer kennen zu lernen, bevor man auf die Veränderung eingeht, welche dieselben bei der Entwickelung durchlaufen. Vor allen Dingen ist stets wohl zu beachten, daß das Eichen der Menschen wie der Säugethiere eine außerordentlich kleine Kugel ist, die man nur bei sehr günstiger Lichtbrechung mit dem bloßen Auge gerade noch als Punkt wahrnehmen kann, zu deren genaueren Erforschung es aber mikroskopischer Beobachtung bedarf. Bei Anwendung gehöriger Vergrößerung sieht man indeß folgende Theile. Die äußere Hülle des durchaus kugelförmigen Eichens wird von einer dicken glashellen Haut gebildet, welche unter dem Mikroskope als ein vollkommen durchsichtiger, krystallhell glänzender Ring erscheint, in dem man nur bei sehr starken Vergrößerungen höchst feine, radiär gestellte Porenkanäle wahrnehmen kann. Wir nennen diese durchsichtige Hülle, die verhältnißmäßig sehr fest und elastisch ist, die Zona, und bemerken im Voraus, daß sie demjenigen feinen Häutchen analog ist, welches in dem Ei des Vogels den Dotter umschließt und deshalb die Dotterhaut genannt wird.

Der Inhalt der Zona wird zum größten Theile von dem Dotter gebildet, der bei den Säugethieren aus einer körnigen, gelblichen Masse besteht, welche bei auffallendem Lichte milchweiß erscheint und eine talgartige Consistenz hat. Beim Drucke zwischen zwei Glasplatten verhält sich dieser Dotter etwa so, wie

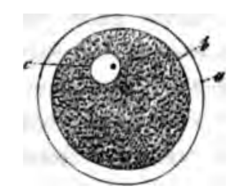


Fig. 73.

Eierstocks-Ei vom Menschen, 250mal vergrößert. a. Zona. b. Dotter. c. Keimbläschen mit Keimfleck.

eine aus frischem Brode geknetete Kugel, die ebenfalls gerade Zusammenhang genug hat, um sich zwischen den Fingern in mancherlei Form bringen zu lassen. Der Dotter selbst ist zum Theile fettartiger Natur, und wahrscheinlich bestehen die feinen Körnchen, welche in seiner Substanz zerstreut sind, aus sehr kleinen Fetttröpfchen, welche in einer eiweißartigen Masse zerstreut sind. Es ist überhaupt ein allgemeines Gesetz in der Thierwelt, daß der Eidotter aus zweierlei verschiedenen Reihen von Stoffen, eiweißartigen und fettigen, zusammengesetzt ist. Indessen erfüllt der Dotter die Höhle der Zona nicht durchaus. An einem Punkte seiner Oberfläche, und meistens hart an der inneren Wand der Zona, liegt ein kleines, vollkommen durchsichtiges, mit wasserheller Flüssigkeit gefülltes Bläschen, das etwa $^1/_{50}$ Linie im Durchmesser mißt, und eine äußerst feine zarte Hülle besitzt, welche die erwähnte wasserhelle Flüssigkeit in sich schließt. Dieses feine Bläschen, das Keimbläschen oder Purkinje'sche Bläschen, wie es nach seinem Entdecker benannt wird, findet sich in allen, noch im Eierstocke befindlichen Eiern, ohne Ausnahme in dem ganzen Thierreiche, und stellt sich dadurch als ein durchaus constantes Element des unbefruchteten Eies dar. Außer der wasserhellen Flüssigkeit zeigt sich in seinem Innern bei dem Säugethiere und dem Menschen ein kleiner rundlicher, dunkler Fleck, der etwas körnig aussieht, allein zu klein ist, um sonstige Structur erkennen zu lassen. Bei vielen anderen Thieren findet sich statt dieses einfachen Keimfleckes eine größere oder geringere Zahl bläschenartiger Gebilde, welche oft wie platte Fetttröpfchen aussehen und hier und da an der Innenwand der Keimbläschenhülle zerstreut liegen.

Fassen wir demnach noch einmal die einzelnen Theile des menschlichen Eies übersichtlich zusammen, so zeigt sich dasselbe aus zwei excentrisch in einander geschachtelten, kugelförmigen Bläschen gebildet, nämlich aus einem inneren kleineren, dem Keimbläschen, und einem umhüllenden größeren, der Zona. Jedes dieser Bläschen hat einen besonderen Inhalt: das Keimbläschen einen wasserhell flüssigen, in welchem der körnige Keimfleck sich findet, die Zona einen festeren, den Dotter, in welchem an einer Stelle, nahe an der Peripherie, das Keimbläschen eingebettet liegt.

Das Eichen selbst befindet sich, wie schon oben bemerkt wurde, im Inneren des Graaf'schen Follikels. Dieser ist von einer eiweißartigen, klebrigen Flüssigkeit erfüllt, und von einer mehr oder minder dicken Haut umschlossen, welche einen Sack um diese Flüssigkeit bildet. Die Innenfläche dieser Haut ist mit einer Lage rundlicher Zellen gepflastert, welche um das Ei herum sich vermehren und dasselbe seitlich umhüllen, so daß also das Ei von einer Lage dieser Zellen umfaßt und einigermaßen in seiner Lage befestigt wird. Oeffnet man den Follikel, um das Ei austreten zu lassen, so reißen sich diese Pflasterzellen, welche ziemlich fest an der Oberfläche der Zona ankleben, von der Innenwand des Follikels los und begleiten das Ei, welches dann unter dem Mikroskop etwa wie von einem Strahlenkranze oder einem Heiligenscheine umgeben scheint, in der That aber allseitig von diesen Zellen umgeben wird. Man glaubte eine Zeit lang diesen Zellen eine besondere Wichtigkeit zuschreiben zu müssen, weshalb man diesen Strahlenkranz mit dem Namen der „Keimscheibe" (Discus proligerus) bezeichnete. Neuere Beobachtungen haben indeß dargethan, daß diese Zellen zwar bei der weiteren Entwickelung des Eies durchaus keine Rolle spielen, im Eileiter bald abgestreift werden und gänzlich verloren gehen, daß sie aber, wie der ganze Follikel mit seinem Epithel, zu der ursprünglichen Entstehung des Eies in der engsten Beziehung stehen, indem das primitive Ei aus der Umwandlung von Epithelzellen des Eierstocks entsteht, die durch schlauchartige Einsenkungen mit

dem Ei in das Innere des Eierstocks gelangen und dort sich in dem einzelnen Follikel abschließen.

Betrachtet man die Structur des Ei's in dem Eierstocke, sowohl bei wirbellosen als bei Wirbelthieren, so zeigt sich dasselbe überall aus denselben Theilen gebildet. Man findet allgemein als äußere Hülle eine Dotterhaut, welche in den meisten Fällen aber nur zart und fein ist, und einzig bei den Säugethieren als Zona eine bedeutende Dicke erreicht. Ueberall findet sich auch ein Dotter, dessen Consistenz und Farbe sehr häufigen Verschiedenheiten unterworfen ist, während seine Zusammensetzung insofern überall dieselbe ist, als er stets, wie schon oben bemerkt, aus zweierlei Stoffen, einem eiweißartigen und einem fettartigen, besteht. Das Fett selbst ist bald mehr oder minder flüssig, wie in dem Dotter des Hühnereies, bald mehr fest. Oft bildet es nur mikroskopische Körnchen, wie in den Säugethiereiern, während der Dotter der Fische Tropfen enthält, die man schon mit bloßen Augen wahrnehmen kann. In vielen Fällen ist dies Fett durchaus farblos, sehr häufig aber auch gelb oder orange, zuweilen selbst von grüner, hochrother oder violetter Farbe, die sich dann dem ganzen Dotter mittheilt. Das Keimbläschen mit einfachen oder mehrfachen Keimflecken ist ebenfalls ein constantes Gebilde in denjenigen Eiern, welche noch innerhalb des Eierstockes befindlich sind. Es liegt stets in der Nähe der Peripherie des Dotters und meist an der Innenwand der Dotterhaut angelagert. Das Ei innerhalb des Eierstockes zeigt demnach durchaus beständige, unzweideutige Charactere, und wenn es nicht früher bei den Säugethieren entdeckt wurde, so lag die Schuld daran, daß man erwartete ein Gebilde zu finden, welches mit bloßen Augen sich leicht entdecken ließe und einige Aehnlichkeit mit dem so wohl bekannten Vogeleie besäße. Durch die Existenz der Follikel irre geleitet, vergaß man den Inhalt derselben genauer zu untersuchen.

Jeder meiner Leser kennt das Hühnerei, und es mag deshalb nicht unstatthaft sein, einen Augenblick auf die Structur desselben einzugehen, um zu zeigen, in welchem Verhältnisse der

Bau desselben zu demjenigen des Säugethiereies steht. Es ist leicht, durch Oeffnung einiger frischen und einiger hartgekochten Eier sich eine Anschauung dieser Verhältnisse zu verschaffen, ein Verfahren, welches wesentlich zum Verständnisse des Vorigen beitragen möchte. Die Kalkschale, welche das Hühnerei umschließt, ist in ihrem Innern von einer dünnen, milchweiß gefärbten Haut ausgekleidet, welche die Schalenhaut heißt. Auf diese folgt das Eiweiß, das nach innen, gegen den Dotter hin, stets dickflüssiger wird, und in dessen Innern man zwei spiralartig gedrehte Stränge unterscheidet, welche von den beiden Polen des Eies gegen den Dotter hinlaufen und diesen in seiner Lage zu erhalten scheinen. Diese beiden Stränge, die sogenannten Hagelschnüre oder Chalazen, sind nur aus festerem Eiweiß gebildet und ein Resultat der spiraligen Drehung des Eies im Eileiter. Alle die genannten äußeren Theile des Hühnereies: Kalkschale, Schalenhaut, Eiweiß und Hagelschnüre, finden sich nicht an dem Säugethiereie und eben so wenig an dem Vogeleie, so lange dieses noch in dem Eierstocke eingeschlossen ist. Sie werden erst später, nach der Lostrennung des Eies von dem Eierstocke, während der Wanderung der Dotterkugel durch den Eileiter, umgebildet, und können deshalb bei einer Vergleichung des Hühnereies mit dem Eierstocksei des Säugethieres nicht in Betracht gezogen werden.

Im Innern des Eiweißes schwimmt bei dem Hühnereie eine orangegelbe Kugel, die Dotterkugel, deren dickliche Flüssigkeit beim Kochen erstarrt. In frischem Zustande wird diese Flüssigkeit in Kugelform erhalten durch eine feine, aber doch ziemlich feste Haut, die Dotterhaut, von deren Existenz man sich leicht überzeugen kann, indem man den Dotter von dem Eiweiße befreit und ihn dann ansticht, so daß die Flüssigkeit herausläuft. Man sieht dann die Dotterhaut sich kräuseln und Falten werfen. Der Dotter besteht deutlich aus zweierlei Substanzen, wie man leicht sehen kann, wenn man einen senkrechten Schnitt durch ein hartgekochtes Ei führt.

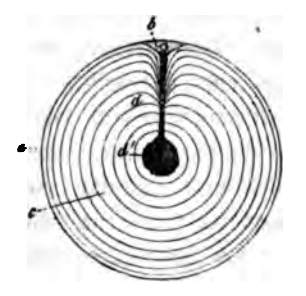


Fig. 73.
Schematischer Durchschnitt durch den Dotter des Hühnerei's. a. Dotterhaut. b. Hahnentritt (Keimschicht, Bildungsdotter) mit dem Keimbläschen. c. Gelber, geschichteter Nahrungsdotter. d. Hals. d'. Mittlere Ansammlung des weißen Dotters.

Im Innern findet sich eine weißlichere Masse, während die äußere Dottersubstanz stets fester und gelber erscheint. Der innere, weißliche Dotter hat eine flaschenförmige Gestalt — der Boden der Flasche nimmt den Mittelpunkt des Eies ein — der Hals würde an derjenigen Stelle des Dotters, welche von demselben nach oben gekehrt wird, nach außen münden. An dieser Stelle, die sich stets, wie man auch das Ei drehen mag, beim Oeffnen zeigt, sieht man einen weißlichen Ring, der meist in der Mitte durchsichtig ist und zuweilen mehre concentrische Kreise um sich hat. Man nennt diese Stelle den Hahnentritt, die Keimschicht oder den Bildungsdotter. In der Mitte des Hahnentrittes liegt bei noch unentwickelten Eiern das Keimbläschen mit dem Keimflecke eingebettet. Auch bei dem Vogel ist das Keimbläschen außerordentlich klein und nur unter dem Mikroskope sichtbar, meistens auch schon verschwunden, wenn das Ei gelegt ist, während es in dem Ei, das noch nicht den Eierstock verlassen hat, deutlich erkannt werden kann. Die weißlichen Ringe, zwischen denen das Keimbläschen eingebettet ist, sind von eigenthümlich gestalteten Dotterelementen gebildet. Verfolgt man nun die Entwickelung des Hühnereies innerhalb des Eierstockes nach rückwärts, so zeigt sich Folgendes: Betrachtet man den Eierstock eines Huhnes, der, wie jedem bekannt, eine traubenförmige Gestalt hat, einfach ist und hart an der Wirbelsäule etwas mehr an der linken Seite liegt, so erscheinen die Eier um so weißlicher, je kleiner sie sind. Der Hahnentritt wird immer undeutlicher, je jüngere Eier man betrachtet, und es erscheint das

primitive Ei aus einem hellen, großen Keimbläschen und einem körnigen weißlichen Dotter zusammengesetzt. Die bildenden Bestandtheile sind demnach durchaus dieselben, wie bei dem Säugethierei, und dies Ei liegt ebenso in dem vom Eierstocke gebildeten Eisacke, wie das Säugethierei in seinem Follikel. Nun aber tritt ein Unterschied ein, der indessen bei genauerer Betrachtung doch nur scheinbar ist. Es bilden sich bedeutende Absätze schichtenweiser Lagen von Zellen, die sich auf den körnigen Dotter niederschlagen und so allmählich als gelber Dotter sich darstellen und die Hauptmasse des Eies ausmachen. Der innere körnige weißliche Dotter des Vogeleies mit dem Keimbläschen und dem darum angehäuften Bildungsdotter ist demnach der primitive Dotter, die gelbe Hauptmasse erst eine spätere innere Ablagerung. Auf diese Weise entsteht der Unterschied, welcher sich zwischen dem Hahnentritte, dem gelben Dotter an der Peripherie und dem weißen im Innern schon dem bloßen Auge bemerklich macht. Diese Verschiedenheit entwickelt sich erst gegen die Reife des Eies hin; in dem unreifen Eierstocksei zeigt sich der Dotter eben so gleichförmig in allen seinen Theilen, wie in dem Säugethierei, und erst durch die Ausbildung des Eies wird eine Verschiedenheit gegeben, die wir mit den Worten : „Bildungsdotter" oder „Hauptdotter" und „Nahrungsdotter" oder „Nebendotter" bezeichnen können, indem der primitive Dottertheil wesentlich zur ersten Bildung des Embryo's in Beziehung steht, während der gelbe spätere Dottertheil zum weiteren Ausbau und zur Nahrung des schon gebildeten Embryo's verwendet wird. Bei den Säugethieren fehlt eine solche Trennung zwischen Bildungsdotter und Nahrungsdotter im reifen Ei durchaus, da hier der Embryo wesentlich durch von der Mutter zugeführten Stoff ernährt wird, besteht aber im Anfange, indem ein Theil des Dotters von dem Follikel her geliefert wird.

Man glaubte früher, die Follikel im Eierstocke der Säugethiere und Menschen für die eigentlichen Eier halten zu müssen, während sie doch wirklich den traubenförmigen Säcken entsprechen, in welchen die Eier des Vogels und der meisten eierlegenden

Thiere eingehüllt sind. In der That sind auch die Eisäcke innerlich mit Zellen gepflastert, welche große Aehnlichkeit mit denjenigen besitzen, die das Ei der Säugethiere im Innern des Follikels umhüllen und die sogenannte Keimscheibe bilden. Der Follikel der Säugethiere und des Menschen unterscheidet sich demnach nur dadurch von dem Eisacke anderer Thiere, daß er verhältnißmäßig zu dem Eie eine ungemeine Größe erreicht und viele Flüssigkeit enthält, in welcher das klein bleibende Ei schwimmt, während bei den eierlegenden Thieren der Eisack das Ei, welches ein bedeutendes Volumen erreicht, von allen Seiten dicht umschließt. Ebenso erscheint der Eierstock des Menschen nur deshalb nicht traubig, wie derjenige der Vögel und vieler Säugethiere, weil die faserige Zwischensubstanz zwischen den Eisäcken bei letzteren nur sehr wenig entwickelt ist, während sie in dem menschlichen Eierstocke alle Zwischenräume der Follikel erfüllt.

Die Entwickelung des Eies innerhalb des Eierstockes erschien von jeher als ein äußerst wichtiges Problem, das jetzt so ziemlich gelöst ist. Beim Menschen bilden sich die Primordialeier, deren Zahl man auf 30—40,000 geschätzt hat, nur während der Periode des embryonalen Lebens, wie schon bemerkt, als Zellen im Epithelium des Eierstocks. Sie bestehen aus dem Keimbläschen, dem Keimflecke darin und einer Umlagerung von weichem Zelleninhalt ohne Hülle, sind also nicht eigentliche Zellen, sondern kernhaltige Cytoden. Durch Einstülpung gerathen diese Primordialeier, zuweilen haufenweise, in schlauchartige Bildungen, die sich gegen das Innere des Eierstockes erstrecken. Hier werden die Primordialeier von einer Lage von Epithelialzellen umgeben, die sich abschließen und so die erste Anlage des Graaf'schen Follikels darstellen. Die Zellen desselben sondern nun bildenden Stoff ab, der zuerst den Dotter vergrößert, dann die umhüllende Haut, die Zona bildet und so die Zelle des reifen Eierstockseies vervollständigt. Sobald dies geschehen, füllt sich der Follikel nach und nach mit Flüssigkeit, während das Epithelium desselben sich so vermehrt, daß es zugleich das Ei umhüllt und die Höhle des Follikels innen auskleidet.

Ueber die Bildung der Eier bei den übrigen Thieren hier einzutreten, würde wohl zu weit führen. Bemerkenswerth ist jedenfalls die große Anzahl von Primordialeiern, die bei dem Menschen während das Fötallebens angelegt wird und von denen ein großer Theil nie zur Entwicklung kommt und im Laufe des Lebens wieder verödet. Bedenkt man, daß bei jeder Menstruation ein reifes Ei losgelöst und ausgetrieben wird, wie wir später sehen werden und daß das Weib etwa dreißig bis fünfunddreißig Jahre lang fähig bleibt, Nachkommenschaft zu erhalten, so wird man den Verbrauch von Eiern während seines ganzen Geschlechtslebens etwa auf 400 schätzen können, — so daß also von 100 angelegten Eiern nur etwa eines zur vollständigen Reife im Eierstocke gelangen würde. Da aber die mittlere Fruchtbarkeit der weiblichen Hälfte des Menschengeschlechtes gewiß nicht vier Kinder in civilisirten Ländern übersteigt, so geht daraus hervor, daß von 10,000 angelegten Eiern nur eines sich zu einem Individuum entwickelt. Man sieht : Jeder Keim hat das Recht, sich zu entwickeln, aber nur die wenigsten entwickeln sich wirklich.

Bei vielen Thieren setzt sich der Eierstock unmittelbar in den Eileiter fort, der die Producte nach außen führt. Bei dem menschlichen Weibe hingegen ist der Eierstock vollkommen isolirt und von dem Eileiter getrennt. Dieser letztere bildet jederseits eine enge Röhre, welche sich gegen den Eierstock hin in Form eines Trichters öffnet. Der Rand dieses Trichters ist mit Falten und Fransen besetzt, welche den Eierstock umfassen und das aus demselben herausfallende Eichen auffangen können. Die Wandungen der Eileiter sind überall aus muskulösen Fasern gesponnen und dadurch energischer Zusammenziehungen fähig, welche, wie diejenigen des Darmes, sich wurmförmig von dem Trichter nach unten hin fortsetzen, und auf diese Weise einen innerhalb des Eileiters befindlichen Körper von dem Trichter weg nach unten fortbewegen können. Auf der innern Fläche des Eileiters befindet sich eine große Anzahl von Drüsen, welche das Eiweiß absondern. Außerdem aber ist noch diese innere Fläche mit einer sehr lebhaften Wimperbewegung ausgestattet, deren Richtung von

dem Trichter aus abwärts geht. Es ist somit sowohl durch die wurmförmigen Zusammenziehungen als durch die Richtung der Wimperbewegung Alles darauf eingerichtet, daß in dem Eileiter enthaltene Körper, und zwar namentlich die Eier, durch die Röhre nach außen geschafft werden können.



Fig. 75.
Durchschnitt des weiblichen Körpers.
w. Die Gebärmutter, in der Mitte durchschnitten, so daß man ihre innere Höhle sieht, welche die Fortsetzung der Scheide z bildet. Eileiter und Eierstöcke, als seitliche symmetrische Organe, sind nicht sichtbar. x. Harnblase. y. Mastdarm. a. Schambein.

Beide Eileiter münden mit ihrem unteren Ende bei dem Menschen in einen mittleren Körper ein, der die Gebärmutter oder der Uterus heißt. Im gewöhnlichen jungfräulichen Zustande hat dieser Körper eine plattgedrückte, birnförmige Gestalt,

sehr dicke, aus eigenthümlichen Fasern gewebte Wände, und nur eine kleine innere Höhlung, welche eine dreieckige Gestalt hat, und in deren beide hintere Zipfel die Eileiter ausmünden. Die Gebärmutter ist der Behälter, in welchem bei den Säugethieren der Fötus sich entwickelt. — Die Gestalt dieses Behälters wechselt außerordentlich bei den verschiedenen Säugethieren. Nur bei der geringen Minderzahl derselben ist die Gebärmutter einfach, wie bei dem Menschen; bei den meisten ist sie mehr oder minder tief in zwei seitliche Theile, sogenannte Hörner gespalten, an deren Enden die Eileiter einmünden. Im Innern der doppelten oder einfachen Höhle bettet sich das Ei ein, sobald es durch den Eileiter hindurchgegangen ist, und verbleibt darin bis zu seiner Ausstoßung im Momente der Geburt. Der Uterus ist deshalb einer außerordentlichen Ausdehnung fähig. Er erfüllt gegen das Ende der Schwangerschaft fast gänzlich die Bauchhöhle, indem die übrigen Eingeweide auf den kleinsten Raum zurückgedrängt werden. Die Frucht selbst tritt in einen organischen Zusammenhang mit den Wänden der Gebärmutter, aus deren Blutgefäßen sie, wie wir später sehen werden, ihre Nahrung zieht. Zu diesem Endzwecke vergrößern sich die Blutgefäße des Uterus in demselben Verhältnisse, wie sich sein Umfang vergrößert und seine Fasern an Masse zunehmen. Die Zusammenziehungen dieser Fasern sind es, welche bei der Geburt die Frucht aus der Höhle des Uterus hinaustreiben und nachher die Gebärmutter wieder allmählich auf einen Umfang zurückführen, welcher dem ursprünglichen jungfräulichen Zustande nahe kömmt.

Es ist zu unserem Zwecke unnöthig, hier näher auf Gestalt und Structur der äußeren Zeugungsorgane einzugehen, welche hauptsächlich nur dem Zwecke der Begattung entsprechend gebaut sind, und die Berührung der beiderseitigen Zeugungsstoffe, des Samens und des Eies, vermitteln sollen. An welchem Orte diese Berührung bei den Säugethieren zu Stande kommt und welcher Art die Vorgänge seien, die sich zur Berührung dieses Zweckes die Hand bieten, dies darzustellen soll der Gegenstand der folgenden Briefe sein.

Neunzehnter Brief.

Die Zeugung der Thiere.

Alle Organismen ohne Ausnahme haben eine bestimmte Lebensdauer, während welcher sie sich entwickeln, eine Zeit lang auf einem gewissen Höhepunkte erhalten, nachher von diesem zurücksinken, der endlichen Auflösung und dem Tode verfallen. Es würde sonach, da der Tod allen Organismen unvermeidlich bevorsteht, und bei den Thieren, im Verhältniß zu den Pflanzen, die Lebensdauer nur sehr kurz ist, die Ausrottung der Art unvermeidlich sein, wenn nicht die Zeugung und Fortpflanzung das Mittel an die Hand gäbe, auch nach dem Untergange der gerade lebenden Individuen durch Fortpflanzung die Art zu erhalten. Wenn wir uns umschauen in dem Thierreiche, so sehen wir die Fortpflanzung in mannigfacher Art bewerkstelligt, und die Vergleichung dieser verschiedenen Vorgänge mit demjenigen beim Menschen ergiebt viele der wichtigsten Resultate, die wir dem Leser nicht vorenthalten dürfen.

Oft und viel hat man, namentlich in älteren Zeiten, von der Urzeugung oder geschlechtlosen Zeugung gewisser Thiere gesprochen. Man verstand darunter die unmittelbare Erzeugung lebender Wesen aus organischen oder selbst unorganischen Stoffen, welche in keiner durch Fortpflanzung bedingten Beziehung zu diesen Wesen standen. Je mehr indeß die Fackel der Wissenschaft in das Dunkel leuchtete, welches die Entstehungsweise der

thierischen Organismen umhüllte, desto mehr wurden diese Ansichten von einer Generatio aequivoca, wie man die Urzeugung auch ziemlich allgemein nannte, zurückgedrängt. Wenn man aber auch bald einsah, daß die Aale nicht, wie der alte Aristoteles noch glaubte, aus dem Schlamme der Gewässer oder die Maden aus den faulenden Leichnamen entstünden, so behielt man dennoch hinsichtlich einiger Thierklassen die alte Meinung bei, und noch mancher Naturforscher unserer Tage sucht dieselbe zu vertheidigen und mit Gründen zu belegen. Es waren namentlich die Infusionsthierchen, die Eingeweidewürmer und einige schmarotzende Insecten, bei welchen man die Urzeugung aus ungleichartigen Stoffen, nicht aber aus vorher vorhandenen Keimen annehmen zu müssen glaubte, und in der That sprechen manche Erscheinungen für eine solche Annahme, die wir um so ausführlicher besprechen müssen, als es leicht gelingt, den Laien oder den flüchtigen Beobachter für dieselbe zu gewinnen.

Uebergießt man irgend einen organischen Stoff, welcher Art er auch sei, mit Wasser und läßt ihn einige Zeit an der freien Luft stehen, so entwickeln sich alsbald eine Menge mikroskopischer Pflanzen und Thiere, welche in der faulenden Materie wuchern und aus derselben entstanden zu sein scheinen. Die große Menge dieser mikroskopischen Pflanzen und Thierchen, ihre so äußerst schnelle Entstehung und die Gleichartigkeit derselben unter gleichen Verhältnissen schienen die Annahme zu rechtfertigen, daß diese schmarotzenden Organismen unter der gleichzeitigen Einwirkung von Luft, Wasser und organischer Substanz entstanden seien. Es bedurfte entscheidender Versuche, um zu zeigen, daß diese Infusionsthierchen und Schimmelpflanzen entweder lebend, aber im vertrockneten und eingekapselten Zustande, oder auch als Keime und Sporen in der Luft umherschwebten, und in dem Aufgusse einen geeigneten Mutterboden fanden, in welchem sie sich entwickelten. Man mußte zeigen, daß die Entstehung solcher Organismen unmöglich sei, sobald die Keime derselben in der Luft, in dem Wasser und in der organischen Substanz, welche man zum Aufgusse wählte, vollkommen zerstört waren, und auf

der andern Seite mußte man beweisen, daß die Fortpflanzungsfähigkeit dieser niederen Organismen wirklich hinreichend groß sei, um in wenigen Stunden oder Tagen Tausende von Individuen erzeugen zu können.

Die Untersuchungen über Infusorien und Schimmelpflanzen beweisen in der That, daß die Fortpflanzungsfähigkeit derselben außerordentlich sei. Ein Schimmelfaden, welcher in wenigen Stunden aus einem Keimkorne, einer Spore hervorwuchert, streut nach Verlauf dieser Zeit Hunderttausende von unendlich kleinen Sporen aus, die eben so schnell wuchern und sich vervielfältigen. Niedere Infusorien theilen sich der Länge und Quere nach, und jedes aus der Theilung hervorgegangene Thier kann sich nach Verlauf weniger Stunden von neuem theilen, so daß die Fortpflanzung in geometrischer Reihe sich vervielfältigt; selbst Räderthierchen, welche einer eigenen, höher organisirten Klasse von wurmartigen Geschöpfen angehören, pflanzen sich durch Eierlegen so ungemein schnell fort, daß ein einziges Mutterthier binnen weniger Tage eine Nachkommenschaft von mehreren tausend Individuen haben kann. So ist demnach die äußerst schnelle Vermehrung solcher Organismen durch mütterliche Zeugung eine erwiesene Thatsache, und nicht minder groß ist die Lebensfähigkeit dieser Thiere und Pflanzen, sowie ihrer Keime. Räderthierchen, Bärthierchen und Infusorien leben wieder auf beim Uebergießen mit Wasser, nachdem sie Jahre lang in vertrocknetem Zustande scheintodt zugebracht haben. Selbst nach zweimonatlichem scharfem Trocknen im luftleeren Raume, oder wenn sie so getrocknet kurze Zeit einer Hitze von mehr als hundert Graden ausgesetzt wurden, leben die Thierchen wieder auf, während sie in heißem Wasser von etwa 50 Grad Wärme sterben. Sie können also einen hohen Grad trockener Hitze ertragen. Im vertrockneten Zustande aber sind diese Thierchen so leicht, daß der geringste Luftzug sie entführt. Man hat in der neuesten Zeit nachgewiesen, daß eine Menge Infusorien beim Austrocknen des Wassers, in welchem sie leben, sich einkapseln, und so, gegen die vollständige Austrocknung geschützt, lange Zeit hindurch dem günstigen Momente

entgegenharren können, wo frische Feuchtigkeit ihren Lebensproceß von neuem unterhält. Nicht nur in dem gewöhnlichen Staube, sondern auch in dem Passatstaube, der durch die in höheren Regionen der Atmosphäre herrschenden regelmäßigen Winde oft auf ungeheuere Strecken verführt wird, hat mau eine Menge von Schälchen und Panzern solcher mikroskopischer Thierchen und Pflänzchen gefunden, welche auf diese Weise aus den vertrockneten Gewässern aufgehoben und über einen bedeutenden Theil der Erdoberfläche ausgestreut wurden. Man kann deshalb wohl sagen, daß die Luft beständig mit unendlich kleinen Keimen und vertrockneten Thierchen erfüllt ist, daß die Stäubchen, welche uns im Strahle der Sonne sichtbar werden, großen Theils nichts anderes sind, als trockene Keime und organische Wesen, welche nur des günstigen Mutterbodens harren, um sich auf demselben zu vervielfältigen.

Den directen Beweis dieser Annahme liefert ein einfacher Versuch, welcher vielfach modificirt stets dasselbe Resultat giebt. Der Zweck dieses Versuches ist der, in einem Aufgusse organischer Substanz alle Keime zu zerstören, und nachher nur solche Luft zuzulassen, in welcher ebenfalls alle Keime auf irgend eine Weise zu Grunde gerichtet worden sind. Bildeten sich unter diesen Gegenständen Infusorien oder Schimmelpflanzen, so war der Beweis geliefert, daß sie auch ohne Mithülfe von Keimen, also durch Urzeugung entstehen konnten; — im Gegentheile mußte man die Erzeugung derselben den in der Luft oder im Wasser vorhandenen Keimen zuschreiben. Man stellte nun den Versuch in der Art an, daß man Fleisch z. B. in einem Kolben mit Wasser kochte, und nach längerem Kochen den Kolben so verstopfte, daß man einen Luftzug nach Belieben durch denselben streichen lassen konnte. Durch das längere Kochen wurden alle mikroskopischen Keime, Thiere und Pflanzen ertödtet, welche sich im Wasser oder auf dem Fleische befanden. Die durchstreichende Luft aber leitete man vorher durch ein glühendes Rohr, durch Schwefelsäure, Aetzkali oder irgend eine andere Substanz, und zerstörte auf diese Weise alle in dem Luftstrome enthaltenen und

mit ihm weggeführten Keime, ohne die Zusammensetzung der Luft selbst im Geringsten zu ändern. Das Fleisch zersetzte sich, faulte, ohne daß je eine Spur von Infusorien entstand. Oeffnete man aber den Kolben, oder ließ man selbst durch eine winzige Oeffnung Luft eindringen, welche nicht auf die angegebene Weise behandelt war, so erzeugten sich in wenigen Stunden große Mengen von pflanzlichen und thierischen Organismen, Schimmelpflanzen und Infusorien.

Versuche ähnlicher Art, in mannigfacher Weise variirt, liegen dem ganzen Streite über Gährung, Fäulniß und derartige Processe zu Grunde, die auf dem Dasein mikroskopischer Schimmelpilze und Infusorien beruhen, statt rein chemischer Natur zu sein. Diese Processe sind in der That durch die Entwickelung und das Leben solcher Organismen bedingt und können durch die Zerstörung derselben aufgehoben werden. Ob aber alle diese Versuche nun auch die Unmöglichkeit der Urzeugung von Wesen einfachster Art beweisen, ist eine andere Frage, die man geradezu verneinen muß. Sie beweisen nur, daß unter den in den Versuchen gegebenen Verhältnissen sich keine solche Wesen erzeugen. Unsere Kenntniß von den zur Erzeugung von lebenden Wesen nothwendigen Bedingungen ist aber zu gering, als daß wir sagen könnten, es seien mit diesen Versuchen alle Verhältnisse erschöpft, unter welchen das Leben auftreten kann. Sodann ist auch noch zu bedenken, daß nach unseren jetzigen Kenntnissen diejenigen Wesen, welche man erzeugen wollte oder erzeugt zu haben glaubte, wie Schimmelpflanzen, Infusorien u. s. w., und deren Urzeugung man wohl mit Recht bestritt, schon hoch organisirte Wesen gegenüber jenen formlosen, aber doch Lebenserscheinungen zeigenden Organismen sind, welche die fortgeschrittene Forschung uns hat kennen lernen. Es würde sich also bei den Versuchen über Urzeugung darum handeln, formlose, lebende organische Substanz hervorzubringen, nicht aber höher organisirte, geformte Wesen.

Eine andere Klasse von Thieren, für welche man früher die Urzeugung vindicirte, ist diejenige der **Eingeweidewürmer**,

der inneren Schmarotzer, welche auf Kosten anderer Thiere leben. Man findet Eingeweidewürmer nicht nur in dem Darme und in dessen Nebenhöhlen, in welche sie von außen her gelangen können, sondern auch in dem Innern von Organen, welche durchaus geschlossen sind und in die man nicht ohne gewaltsame Zerstörung und Durchbohrung eindringen kann. Die Drehkrankheit der Schafe wird von einem eingekapselten Bandwurm, einem Blasenwurm, erzeugt, der sich im Innern des Gehirnes einnistet; in dem Innern der Fischaugen, mitten in dem Glaskörper, leben sehr oft Würmer in großer Anzahl; in dem Muskelfleische vieler Thiere und des Menschen, in den inneren Häuten, ja selbst in Knorpeln und Knochen findet man zuweilen Eingeweidewürmer, die unmöglich unmittelbar von außen her in die überall geschlossenen Organe gelangt sein können. Welche andere Annahme scheint hier möglich, als die, daß sich diese Schmarotzer auf Kosten der Substanz des lebenden Thieres erzeugt haben und nun an dem Orte ihrer Entstehung fortleben? Hierzu kommt noch, daß jede Thierart ihre eigenthümlichen Schmarotzerthiere besitzt, und daß es nur sehr wenige Arten von Eingeweidewürmern giebt, welche mehreren Thieren gemeinschaftlich sind. Wie sollten diese Schmarotzer aus einem Individuum in das andere übergehen, da sie außerhalb der Organismen, in welchen sie leben, meist baldigst zu Grunde gehen und sterben? Ist es nicht viel wahrscheinlicher, daß diese Schmarotzer sich in dem Thiere selbst erzeugen, und beweist nicht ihr Tod beim Uebergange in ein anderes Thier oder ins Freie, daß sie nur in demjenigen Organismus leben können, in welchem sie erzeugt sind?

Die neuen Untersuchungen über Eingeweidewürmer haben auf alle diese Fragen so vollständige Antworten gegeben, daß man den Glauben an eine Urzeugung derselben nur mit Mühe festhalten könnte. Zuerst hat die Anatomie derselben gezeigt, daß sowohl die Geschlechtsorgane, als auch die Keime und Eier bei den Eingeweidewürmern in ungeheuerer Zahl sich vorfinden. Ein Bandwurm z. B. hat in jedem seiner Glieder, deren er mehrere Tausende besitzen kann, einen vollständigen männlichen

und weiblichen Geschlechtsapparat, und jedes Glied enthält Hunderte, ja Tausende von Eiern, die selbst in faulenden Flüssigkeiten und in chemisch ätzenden Substanzen sich unversehrt erhalten und auch durch Austrocknen nicht verändert werden. Ein einziger Spulwurm erzeugt in seinen fadenförmigen Eierstöcken während eines Jahres etwa sechs Millionen mikroskopischer Eichen, deren Lebenszähigkeit ebenfalls ungemein groß zu sein scheint. Weshalb nun solche unendliche Häufung der Keime in diesen und vielen anderen Schmarotzerthieren, wenn dieselben nicht zur Aussaat bestimmt wären? Wenn es wahr wäre, daß die Schmarotzer auf Kosten der sie beherbergenden Organismen entstünden, so wären die Millionen von Eiern, die ein einziges Individuum bei sich führt, eine nutzlose Verschwendung von Seiten der Natur, und wozu dann in diesem Falle die Ausstoßung dieser Keime nach außen, die bei vielen Arten sogar zu regelmäßigen Zeiten wiederkehrt? Man weiß, daß die Bandwürmer gewisser Fische ihre mit Eiern erfüllten Glieder im Frühjahre abstoßen, daß diese Glieder nach außen entleert werden, während der gliederlose Kopf im Darme sitzen bleibt. Hinter diesem Kopfe erzeugen sich während des Sommers und Herbstes neue Glieder, die im Winter sich allmählich mit Eiern füllen und im Frühjahre aufs Neue abgestoßen werden. Bei dem breitgliederigen Bandwurme des Menschen, dem sogenannten Grubenkopfe (Bothryocephalus latus), zeigen sich ähnliche Perioden der Gliederabstoßung, die nach meiner eigenen Erfahrung zweimal im Jahre, im Frühlinge und Herbste, wiederkehren. Zu dieser Zeit treten meist die Beschwerden, welche ein Bandwurm erzeugen kann, periodisch mit größerer Heftigkeit auf, und endigen mit der Ausstoßung von Gliedern, die mit reifen Eiern vollgepfropft sind. Bei den Hunden, ja den meisten mit Bandwürmern geplagten Thieren findet fast beständige Abstoßung einzelner reifer, mit Eiern vollgepfropfter Glieder statt, die mit dem Kothe abgehen. Spulwürmer und andere Rundwürmer kriechen, wenn sie reife Eier oder lebendige Junge haben, aus dem After ihrer Wohnthiere hervor — es findet also bei den meisten, im Darme lebenden

Schmarotzern Auswanderung der Thiere oder ihrer Jungen und Eier in normaler Weise statt.

Diese Thatsachen schon machen es wahrscheinlich, daß die Eier der Eingeweidewürmer, welche in so ungeheueren Massen ausgestoßen werden, auch nur deshalb in so großer Zahl erzeugt wurden, damit Hunderttausende davon zu Grunde gehen können, ohne daß darum die Art ausstürbe. Ein oder das andere Ei findet durch Zufall einen günstigen Mutterboden, in welchem es zu weiterer Entwickelung gelangen kann, während die übrigen, welche nicht so begünstigt werden, umkommen, ohne zur Entwickelung zu gelangen. Ja man kann dreist behaupten, daß die schädlichen Einflüsse, welche die Eichen bedrohen, ungemein zahlreich und verheerend in ihrer Wirkung sein müssen, wenn sie eine wahre Ueberschwemmung mit Eingeweidewürmern verhindern sollen. Ein Mensch, ein Kind, das ein Dutzend Spulwürmer beherbergt, was doch wahrlich nicht allzuselten ist, liefert in einem Jahre 72 Millionen Eier in die Abtrittsflüssigkeit. Diese wird in vielen Ländern beim Garten- und Feldbau benutzt, in anderen fließt sie unbenutzt in Bäche und Flüsse. Millionen und Millionen dieser Eier werden zu Grunde gehen, aber das eine oder andere wird auf irgend eine, noch unbekannte Weise, direct oder indirect, in den menschlichen Darm gelangen, und das einzige Individuum, welches sich aus diesem Eie entwickelt hat, genügt, um auf's Neue Millionen von Eiern zu erzeugen, welche gleichem Ungefähr anheimfallen.

Die Untersuchungen über die Erzeugung der Bandwürmer haben die Wege, durch welche dieselben in die Organismen gelangen, wenigstens so weit aufgeklärt, daß man für viele derselben jetzt vollkommen genau den ganzen Cyclus ihrer Entwicklung kennt. Zu diesen genauer bekannten Arten gehört der schmale Bandwurm oder Kürbiswurm des Menschen (Taenia solium), der namentlich in Frankreich und in Deutschland vorkommt, in der Schweiz, Polen und Holland dagegen durch eine andere Art, den breiten Bandwurm oder Grubenkopf (Bothryocephalus latus) ersetzt wird. Der schmale Bandwurm lebt in dem Darme des Menschen; seine geschlechtsreifen, mit Eiern gefüllten Glieder

werden von Zeit zu Zeit abgestoßen und gelangen so mit dem Kothe in die Abtrittsgruben. Das Schwein ist als nicht allzu reinliches Hausthier bekannt; es wühlt in der That in jeglichem Unrathe umher und es ist deshalb nicht zu verwundern, wenn es mit der aus dem Miste hervorgewühlten Nahrung zugleich Bandwurmglieder und Bandwurmeier in reichlicher Menge verschlingt. In den Verdauungswerkzeugen des Schweines aber beginnt das Ei sich zu entwickeln, der Embryo sich auszubilden, so daß er bald die Eihülle sprengen und in seiner wahren Gestalt hervortreten kann. Der frei gewordene Embryo besteht aber aus einem außerordentlich kleinen mikroskopischen Substanzkügelchen, das sich bedeutend zusammenziehen und ausdehnen kann und an der Vorderfläche mit sechs Häkchen bewaffnet ist, welche nach allen Seiten hin bewegt werden können. Mittelst dieser Häkchen arbeitet sich nun das Thierchen zwischen den Geweben des Körpers hindurch und wandert so nach demjenigen Orte, der ihm zur Entwicklung angewiesen ist. Vielleicht, daß es auf seiner Fahrt theilweise die Blutbahn benutzt, wie dies von anderen Arten nachgewiesen ist, welche sich in die Gefäße einbohren und gleich Blutkörperchen innerhalb derselben kreisend an den zu ihrer Entwicklung bestimmten Ort gelangen; vielleicht, daß es sich auch direct durch die Gewebe durchbohrt, wie man denn bei anderen Thieren, namentlich in der Leber und in dem Gehirne der Kaninchen und der Schafe u. s. w. die feinen Gänge beobachtet hat, welche diese Minirer zurücklassen. Der Bestimmungsort des Bandwurmjungen im Schweine aber ist das Zellgewebe unter der Haut und zwischen dem Muskelfleische des Schweines. Dort setzt sich das mikroskopische Junge fest; dort wächst es, indem es einen Bandwurmkopf mit einem kurzen Halse bildet, welcher nach unten in einen weiten, mit Wasser gefüllten Sack übergeht. Das Junge wird so nach und nach zu einem Blasenwurme, und den Blasenwurm des Schweines kennt Jedermann unter dem Namen der Finne. Die Gesundheitspolizei verbietet in den meisten Ländern den Ausverkauf finnigen Schweinefleisches; es gehört jedoch eine große Naivetät dazu, zu glauben, dasselbe werde

weggeworfen. Freilich werden die Finnen durch das Kochen und Braten getödtet; allein nichts destoweniger gerathen sie häufig in lebensfähigem Zustande aus dem frischen Fleische in den menschlichen Magen. Man hat darauf aufmerksam gemacht, daß die orthodoxen Juden, welche kein Schweinefleisch essen, niemals von dem Bandwurme befallen werden; man hat nicht minder nachgewiesen, daß diejenigen Leute, welche durch ihr Handwerk viel mit frischem Fleische zu thun haben, wie Metzger, Köche u. s. w., welche beim Schlachten und Wurstmachen die Messer in den Mund zu nehmen und das frische Gehäck zu versuchen pflegen, am häufigsten vom Bandwurme geplagt werden.

Die Finne gelangt also in den Magen des Menschen; dort angekommen, stößt sie die Blase ab, wird mit dem Speisebrei in den Dünndarm befördert, heftet sich dort mittelst ihres Hakenrüssels und ihrer Saugnäpfe an und wächst nach und nach zu dem ellenlangen Bandwurme aus, der endlich geschlechtsreife Glieder und Eier abstößt, welche denselben Entwickelungskreis von Neuem beginnen.

Man hat Milchschweine, die sonst niemals finnig sind, mit menschlichen Bandwurmgliedern gefüttert und sie über und über finnig gemacht; man hat frische Finnen von Menschen verzehren lassen und ihnen auf diese Weise die Bandwurmkrankheit gegeben; man hat dieselben Beobachtungen bei anderen Thieren angestellt und überall dieselben Resultate erhalten. Man weiß jetzt, daß das Schaf drehkrank wird, indem ein eigener Blasenwurm, die Quese (Coenurus cerebralis), sich in seinem Gehirne entwickelt, weil es die mit dem Kothe des Schäferhundes auf dem Grase zerstreuten Bandwurmeier mit hinabschluckte; während der Hund bandwurmkrank wird, indem er die weggeworfenen Quesen der gefallenen oder geschlachteten Thiere mit Begierde verzehrt. Man weiß, daß der Jagdhund durch eine andere Bandwurmart erkrankt, weil ihm, nach altem Jagdbrauche, das Gewaide des Wildes gehört, in welchem, namentlich bei Hasen und Kaninchen, häufig Blasenwürmer vorkommen, während das Wild wieder Blasenwürmer bekommt, weil es mit seiner Aesung zerstreute Glieder

und Eier vom Kothe des Jagdhundes hinabschluckt. Man weiß, daß die Katze, indem sie die Maus frißt, zugleich die in der Leber derselben befindlichen Blasenwürmer hinabschlingt, welche in ihrem Darme zu Bandwürmern werden.

Wie unendlich häufig die mikroskopischen Embryonen und Blasenwürmer sein können, lehrt uns folgendes Beispiel. Die Mehlkäfer und ihre Larven, die Mehlwürmer, welche überall in Getreidehaufen sich finden, sind im Innern vollgepfropft mit jungen Bandwürmern, die meist in eigene Kapseln eingeschlossen, innerhalb der Leibeshöhle an die Außenfläche des Darmes und Magens angeheftet sind. „Die Käfer und Larven", sagt der Entdecker dieser Thatsache, „welche ich auf dem Getreideboden meines väterlichen Hauses sammelte, waren im strengsten Sinne des Wortes so mit jungen, auf den verschiedensten Entwickelungsstufen stehenden Bandwürmern gespickt, daß ich die Zahl der auf dem Getreideboden vorhandenen Bandwurmindividuen, ohne mich einer Uebertreibung schuldig zu machen, weit in die Millionen schätzen muß." Sieht man sich da nicht vollständig umgeben von Keimen, Puppenhülsen, Kapseln und jungen Bandwürmern, von welchen Millionen zu Grunde gehen können, bis ein Individuum in den Darm eines Thieres gelangt, wo es sich entwickeln kann? Unser Hausgeflügel pickt mit Begierde die Mehlwürmer auf; unser Mastvieh, das Kleie, Schrot u. s. w. erhält, schlingt mit dieser Nahrung nicht nur eine Menge von Mehlwürmern, sondern auch deren Excremente hinab. In dem Mehle, womit die Bäcker das tägliche Brod zu bestreuen pflegen, in dem Mehlpulver, welches beim Herumwälzen der eben gebackenen Laibe an der Unterfläche hängen bleibt, verzehren die Hausthiere eine Menge von Excrementen der Mehlwürmer, in denen ohne Zweifel Bandwurmeier und junge Bandwürmer sich finden. Wo sie sich festsetzen, wissen wir noch nicht, allein daß sie auf einem der angedeuteten Wege zu ihrem Bestimmungsorte gelangen können, unterliegt keinem Zweifel.

Die vorstehenden Beobachtungen werfen ein Licht auf das Vorkommen schmarotzender Thiere in völlig geschlossenen Organen,

zu welchen kein Weg nach außen führt, wie z. B. mitten in den Muskeln, im Gehirne, in den Augen u. s. w. Die Embryonen, die jungen Thierchen bohren sich auf die leichteste Weise durch die Gewebe des sie beherbergenden Thieres durch und sind meistens sogar mit besonderen Stacheln, Haken oder ähnlichen Vorrichtungen versehen, welche später abfallen, sobald der Ort der weiteren Entwickelung erreicht ist. Man hat viele Beobachtungen über Wanderungen dieser Art, von welchen ich nur einige erwähnen will.

So findet man in den Fröschen zu einer gewissen Zeit sehr häufig eine Art von Fadenwürmern, die sich frei in der Bauchhöhle bewegen, und meistens in der Nähe der großen Gefäßstämme, welche aus der Leber in das Herz treten, sich aufhalten. Dieser Fadenwurm gebiert lebendige Junge; — seine inneren Geschlechtstheile, welche oben Eier enthalten, sind gegen ihr unteres Ende hin strotzend angefüllt mit Jungen, die sich sehr lebhaft bewegen und vollkommen den Essigälchen gleichen, welche Jedermann wohl aus eigener Anschauung kennt. Untersucht man nun das Blut eines Frosches, in welchem solche trächtige Fadenwürmer sich finden, so sieht man die Jungen in großer Anzahl innerhalb der Blutgefäße umhertreiben und mit den Blutkörperchen durch den Körper kreisen. Ich habe Frösche gefunden, wo man in jedem kleinsten Haargefäße der Schwimmhäute oder der durchsichtigen Nickhäute des Auges solche junge Fadenwürmchen antraf, die sich lebhaft schlängelten und vollkommen in ihrem Elemente zu befinden schienen. Nach einiger Zeit verschwinden diese Würmchen aus dem Blute. Allein nun findet man sämmtliche Baucheingeweide, besonders aber die drüsigen Organe und das Bauchfell, mit unzähligen kleinen weißen Punkten durchsäet, welche man unter dem Mikroskope als Kapseln erkennt. Diese Kapseln liegen im Inneren der Gewebe, aber stets in der Nähe von Blutgefäßen, und manchmal sieht man sie fast wie Perlschnüre längs den kleineren Blutgefäßstämmchen aufgereiht. Jede dieser Kapseln enthält einen aufgerollten Fadenwurm, der nach

einiger Zeit die Puppenhülse durchbricht, um in die Bauchhöhle zu gelangen und dort bis zur vollständigen Größe anzuwachsen.

Betrachtet man die Vertheilung der Schmarotzer, welche im Inneren von Organen sich aufhalten, so sieht man dieselben fast immer in der Nähe größerer oder kleinerer Blutgefäßstämme, und zwar an solchen Orten, wo die Blutgefäße nur dünne Wandungen besitzen und demnach leicht durchbohrt werden können. Die Puppenhülsen sitzen stets ganz in der Nähe der Blutgefäße im Inneren der Gewebe. Es kann somit keinem Zweifel unterworfen werden, daß viele Schmarotzer, welche im Inneren von Organen leben, durch die Blutgefäße dorthin gelangen, daß sie als Junge in mikroskopischer Kleinheit in die Blutgefäße sich einbohren, eine Zeit lang in denselben mit dem Blute umherkreisen, und an den zu ihrer Entwickelung geeigneten Orten die Blutbahn aufs Neue verlassen, um sich im Inneren der Gewebe anzubauen. Die erwähnten Beobachtungen sind nicht die einzigen, welche solches Kreisen der Eingeweidewürmer mit dem Blute darthun; man hat dergleichen in Fischen, Hunden und anderen Thieren gesehen.

Vor einigen Jahren machte die Entdeckung eines fast mikroskopischen Fadenwurmes, der eingekapselt in unzähligen Mengen in den Muskeln einiger Leichen gefunden wurde, vieles Aufsehen. Das Muskelfleisch war mit kleinen weißen Punkten, mit Kapseln von der Größe einer Stecknadelspitze durchsäet, in deren Innerem der noch geschlechtslose Wurm, wie in einer Puppenhülse spiralig zusammengerollt lag. Die Trichina spiralis, so nannte man diesen Wurm, ist jetzt hinsichtlich ihrer Naturgeschichte wohl bekannt. Sie lebt in Kaninchen, Schweinen, Menschen, nicht aber in Hunden, zu Millionen im Muskelfleische. Sie nährt sich von den Muskelfasern und puppt sich, sobald sie die entsprechende Größe erreicht hat, ein, um in diesem Zustande Monate lang ihrer Befreiung entgegen zu harren. Wird das inficirte Fleisch, das oft Tausende von Kapseln in einem Kubikzolle enthält, nicht in den Darm eines Thieres übergeführt, in welchem die Trichine sich entwickeln kann, so stirbt diese endlich

ab, die Kapsel verkalkt sich und jede Gefahr ist vorüber. Wird aber das inficirte Fleisch gegessen, so wird der noch geschlechtslose Wurm im Magen frei, und bald enthalten die im Darme frei gewordenen Trichinen entwickelte Geschlechtsproducte, begatten sich und erzeugen zahllose Junge, welche nun aus dem Darme in die Gewebe auswandern, sich bis in die Muskeln durchbohren und oft durch ihre Menge eine tödtliche Krankheit verursachen. Jetzt, seitdem man diese Krankheit, die man früher für rheumatisches oder typhöses Fieber hielt, in ihren eigenthümlichen Symptomen erkannt hat, wo man weiß, wie man ihr nachspüren muß, jetzt vergeht fast kein Jahr, wo man nicht von einer Trichinen=Epidemie an irgend einem Orte hört, welche mehr oder minder zahlreiche Opfer gefordert hat und die sich stets auf ein geschlachtetes Schwein zurückführen lassen, dessen rohes Fleisch man in Gestalt von Servelatwürsten oder ähnlichen Zubereitungen verzehrt hat. Daß solche mikroskopische kleine Thierchen, wenn sie die Gewebe durchbohren, weder Löcher noch Narben hinterlassen, welche die Durchbohrungsstelle angeben, ist wohl von vorne herein ersichtlich. Wäre es ja doch unmöglich, die Narbe eines Nadelstiches aufzufinden, wie viel weniger die Spur einer solchen Durchbohrung, die von einem Thierchen gemacht wurde, von welchen mehrere Hunderte zusammengebunden werden müssen, um die Dicke einer einzigen Nadel zu erreichen! Das oben angeführte Beispiel von dem Frosche weist eine Circulation nach, die in demselben Thiere stattfindet; die Trichina geht von einem Individuum derselben Art zum anderen, wie von einer Art zur anderen; das Kaninchen, welches mit Trichinen besetztes Kaninchenfleisch frißt, wird eben so gut inficirt, wie der Mensch, der von einem trichinösen Schweine verzehrt; — bei den meisten Blasenwürmern findet die unfreiwillige Wanderung, gewöhnlich von einem Pflanzenfresser auf den Fleischfresser, in der Weise statt, daß das inficirende Thier vom inficirten gefressen wird und wieder in dessen Koth seine Infection findet.

Seitdem man einmal aufmerksam geworden war auf die mikroskopischen Würmchen, welche im Blute kreisen, auf die ein-

gekapselten Schmarotzer, welche in allen Eingeweiden, in den Falten des Bauchfelles u. s. w. sich finden, wurde es durch wiederholte Beobachtung zum fast durchgreifenden Gesetz erhoben: daß die schmarotzenden Würmer in ihren Jugendzuständen namentlich sich durch die Gewebe hindurch Wege bahnen können. Man fand auch bald, daß dies besonders dann geschah, wenn die Schmarotzer aus einem Wohnthiere in ein anderes übergeführt wurden, und man überzeugte sich eben so, daß die Entwickelung vieler Schmarotzer einzig auf die Wanderung durch verschiedene Thiere hindurch berechnet ist. Der Schmarotzerwurm, der in einem bestimmten Wohnthiere sein Leben beginnt, kommt gewöhnlich in demselben nur bis zu einem gewissen Grade der Entwickelung, auf dem er stets innerhalb dieses Wohnthieres stehen bleibt. Wird aber dieses Wohnthier von einem anderen gefressen und gelangt hierdurch der Schmarotzer in den Darm eines anderen Thieres, so entwickelt er sich in demselben weiter. In den meisten Fällen ist die geschlechtliche Ausbildung an eine solche Ueberpflanzung aus einem Wohnthiere in das andere geknüpft. So findet man in dem gemeinen Stichling, einem kleinen Fische, der in allen Gewässern und Pfützen Mitteleuropas wohnt, einen besonderen Bandwurm, dessen Geschlechtstheile, so lange er sich im Fische befindet, stets in unentwickeltem Zustande bleiben. Wird aber der Stichling von warmblütigen Thieren, Wasservögeln, Wasserratten oder dergleichen Bestien gefressen, so setzt sich der Bandwurm im Darmkanale dieser Geschöpfe fest und entwickelt sich nun so vollständig, daß man ihn früher für eine andere Art ansah. Seine Glieder enthalten dann vollkommen ausgebildete Geschlechtsorgane mit reifen Eiern, welche durch den Koth der Vögel in das Wasser gelangen, dort von den Stichlingen, die sich großen Theils von faulenden thierischen und pflanzlichen Stoffen nähren, gefressen werden, und aufs Neue in dem Darmkanale dieser Letzteren den Cyclus ihres Lebens beginnen.

Es zeigen diese Beispiele, die ich noch bedeutend vervielfältigen könnte, daß viele Parasiten ihren Lebenscyclus in ver-

schiedenen Thieren durchlaufen müssen, und zwar in solchen, welche einander zum Raube dienen, so daß der Schmarotzer aus einem Thiere unmittelbar in das andere übergeht und dort allmählich seine Metamorphose erleidet. Es giebt hingegen auch Arten von Schmarotzern, welche längere Zeit frei wie andere Thiere leben und nur gewisse Perioden ihres Daseins als Schmarotzer hinbringen. Man trifft häufig in Gewässern aller Art einen ellenlangen Wurm, der drehrund und nicht dicker als ein Zwirnfaden, und bei dem Volke unter dem Namen des Wasserkalbes (Gordius aquaticus der Zoologen) bekannt ist. Wie lange dieses Thier frei im Wasser zubringe, weiß man nicht mit Bestimmtheit; so viel aber ist gewiß, daß man es Monate lang lebend in einem Glase mit Wasser erhalten kann und daß es lange Zeit als Schmarotzer in der Bauchhöhle der Heuschrecken sich aufhält. Mehrere Beobachter schon sind Zeugen gewesen, wie solche Wasserkälber aus dem Leibe anscheinend kranker Heuschrecken hervorbrachen, und sogar erst dann vollständig dieselben verließen, als sie außerhalb einen feuchten Boden oder Wasser fanden, in welchem sie fortleben konnten. Andere Beobachter haben sich überzeugt, daß die Wasserkälber wirklich wie Schlangen an den Rändern der Tümpel auf Heuschrecken und ähnliche Insecten lauern, in deren Leib sie sich einbohren, um eine Zeit lang darin zu verweilen. Ihre Jungen sind mit einem Stachel bewehrt, mit welchem sie sich in Wasserthieren einbohren können.

Noch auffallender, als die erwähnten Thatsachen, ist diejenige Fortpflanzungsart mancher Eingeweidewürmer, welche man in der neuesten Zeit unter dem Namen der Ammenzeugung oder des Generationswechsels kennen gelernt hat. Wir wollen eine dieser Metamorphosen näher beschreiben, da eine bloße Definition nicht hinreichen würde, den Begriff des Generationswechsels vollständig darzulegen. In den Lungen und Luftröhren vieler Wasservögel finden sich eigenthümliche Schmarotzer, Monostomen genannt, welche lebende Junge zur Welt bringen, die durchaus infusorienartig gestaltet sind und mittelst eines Ueberzuges von Flimmerhaaren im Wasser schwimmen können. Das

Merkwürdigste an diesem wimpernden Jungen des Monostomums ist, daß die hinteren zwei Drittel des durchsichtigen, eingeweidelosen Körpers von einem weißlichen, mehr undurchsichtigen Körper erfüllt werden, welcher anfangs wie ein Organ des Jungen aussieht, da er stets dieselbe Lage hat und immer in derselben Weise in allen Jungen angetroffen wird. Bald aber sieht man, daß dieser weißliche Körper sich bewegt, und daß es in der That ein sackförmiger Wurm mit zwei Seitenzipfeln und einem spitzen Hinterende ist, welcher sich träge hin und her bewegt, zusammenzieht, ausdehnt und endlich das Junge, in dem er lag, förmlich sprengt, um frei hervor zu treten. Die flimmernde Hülle bleibt zurück und zersetzt sich bald. Aus dem frei schwimmenden Jungen ist ein träger Wurmsack hervorgegangen, der in seiner Natur freilich schon mehr auf das Mutterthier hinweist.

Man besitzt jetzt durch Mehrung der Beobachtungen die Kenntniß einer ganzen Stufenleiter derartiger Wurmschläuche, die sich meistens in Wasserthieren, Schnecken und Muscheln finden. Die Einen sind vollständig organisirt, besitzen ein Kopfende, eine Mundöffnung, einen Schlundkopf und einen kurzen Darmkanal; die Anderen, die am entgegengesetzten Pole der Reihe stehen, sind stellenweise angeschwollene, lange, oft seltsam verfilzte und meist regungslose Hohlfäden. Zwischen diesen beiden Endpolen finden sich eine Menge Zwischenstufen jeglicher Ausbildung, contractile Schläuche ohne bestimmte Organe, träge Säcke mit ganz verkümmerten Eingeweiden und von mannigfaltiger Gestalt. Alle diese Wurmsäcke kommen aber darin überein, daß in ihrem Inneren sich freie Knospen bilden, welche bei ihrem ersten Auftreten einem geballten Häufchen körniger Substanz gleichen und die sich nach und nach zu einer besonderen Wurmform ausbilden, welche man Cercarien genannt hat. Es besitzen diese Cercarien zwei Saugnäpfe an der Bauchfläche, mit denen sie sich anheften können, einen Mund, gabelförmigen Darmkanal und gewöhnlich einen langen Schwanz, welcher von dem vorderen Körper deutlich abgesetzt ist. Der Körpertheil ohne den Schwanz gleicht durchaus jenen Plattwürmern, die man

unter dem Namen der Doppellöcher oder Distomen kennt und von denen der sogenannte Leberegel der Schafe ein bekanntes Beispiel bietet. Meist besitzen auch die Cercarien eine eigenthümliche Mundbewaffnung, einen Stachel oder Hakenkranz, der ihnen zur Einleitung ihres ferneren Lebens wesentliche Dienste leistet. Sobald nämlich die Cercarien ihre vollständige Ausbildung erlangt haben, verlassen sie den Wurmschlauch durch eigene Oeffnungen und gelangen so in die inneren Höhlungen der Schnecken und Muscheln. Der Wurmschlauch, den man auch, um eine allgemeine Bezeichnung für ähnliche Vorgänge zu haben, eine Amme genannt hat, bleibt nach der vollständigen Ausbildung seiner Cercarienbrut als todtes Gebilde zurück. Es war nur ein Mittelglied, bestimmt, durch reichliche Knospung im Inneren die Keimung außerordentlich zu vermehren.

Die aus dem Wurmschlauche befreiten Cercarien suchen aus den Höhlen des Schneckenkörpers einen Ausweg ins Freie, den sie meist durch die Oeffnungen der Wasserkanäle finden. Die Zusammenziehungen der Schnecke befördern diesen Ausgang. Deshalb sieht man denn auch oft in der Nähe solcher Schnecken, welche Ammen und Cercarien beherbergen, bei plötzlichem Zusammenziehen und Rückweichen in die Schale eine förmliche Wolke um das Thier entstehen, wie wenn ein gelblicher Dunst, von der Schnecke ausgehend, sich im Wasser verbreitete. Diese Wolke ist nichts Anderes als ein Schwarm von Cercarien, welche durch die plötzliche Zusammenziehung mit der Flüssigkeit, welche die Wasserkanäle erfüllte, ins Wasser gepreßt wurden und nun sich um die Schnecke herum tummeln. Sie schwimmen dabei auf die drolligste Weise, indem sie einerseits den Körper zusammenziehen und ausstrecken, anderseits den Schwanz in Achterfiguren hin und her schleudern, so daß es stets aussieht, als befinde sich eine liegende ∞ hinter dem Thiere. In dieser Weise tummeln sich die Cercarien eine Zeit lang in dem Wasser umher, dann aber heften sie sich an Insecten und andere Wasserthiere an und bohren sich mittelst ihrer am vorderen Ende angebrachten Mundwaffen in das Innere dieser Thiere ein. Bei diesem Ein-

bohren verlieren sie den Schwanz, das Bewegungsorgan, mittelst dessen sie frei in dem Wasser umherschwimmen konnten, und kriechen nun als träge kleine Würmchen, als Doppellöcher, deren Ausbildung noch nicht vollendet ist, in das Innere der Thiere; dort verpuppen sie sich, umgeben sich mit einer durchsichtigen Kapsel, und bleiben in dieser Puppenhülse so lange, bis ein Vogel oder ein anderes geeignetes Thier die Insectenlarve frißt, in welcher sie sich eingepuppt haben. Dann schlüpft aus der Puppenhülse, die durch die Verdauung des Fressers frei geworden ist, das Doppelloch aus, welches nun seine geschlechtliche Reife erlangt und eine Menge von Eiern erzeugt, in welchen sich Junge bilden, die den nämlichen Entwickelungscyclus von Neuem beginnen, indem sie Ammen und Cercarien erzeugen.

Wir sehen demnach, daß in der Natur zwei Weisen gegeben sind, welche die Fortpflanzung der Eingeweidewürmer sichern: einestheils eine Vermehrung der Eier und Keime, welche an das Unglaubliche grenzt, anderseits die merkwürdigsten freiwilligen oder unfreiwilligen Wanderungen und Metamorphosen, durch welche die Erhaltung der Gattung auch unter den sonderbarsten und verwickeltsten Umständen gesichert wird. Wenn auch unsere Untersuchungen über diese Verhältnisse noch nicht die wünschenswerthe Vollständigkeit erlangt haben, so können wir doch schon so viel sagen, daß bei den meisten Eingeweidewürmern eine Ueberwanderung durch verschiedene Wohnthiere oder ein Stadium freien Lebens stattfindet, welches meist in Gewässern oder wenigstens an feuchten Orten zugebracht wird. Keime, Eier, Larven und Junge sind überall in Gräben und Tümpeln, in Mooren und Wiesengründen, in der Nahrung, bestehe sie nun aus lebenden Thieren oder aus Pflanzen, und im Wasser verbreitet, und überall bieten sich Wege, wodurch wenigstens eines oder das andere Individuum an das Ziel seiner Bestimmung gelangt, während Tausende und Millionen seiner Mitbrüder zu Grunde gehen müssen, ohne diesen Wohnsitz erreichen zu können. Oft scheinen diese Wege auf die reinsten Zufälle berechnet, und man sieht auch hier wieder, wie nur bei Verhältnissen im Großen der

Entwickelungsgang des Einzelnen gewahrt wird. Für die einzelne Schnecke ist es gewiß ein Zufall, daß sie gefressen wird, während hundert andere ihr Leben auf andere Weise beschließen, und für den einzelnen Eingeweidewurm ist es wieder ein Zufall, daß er durch einen solchen Vorgang die Möglichkeit der weiteren Ausbildung erhält, die anderen abgeschnitten ist. Für die Fortpflanzung und Erhaltung einer gewissen Wurmgattung aber ist es durchaus nothwendig, daß eine bestimmte Menge von Schnecken von einer gewissen Anzahl von Thieren gefressen werde, und sicher würde man bei statistischer Feststellung der Verhältnisse im Großen eben so gewiß eine bestimmte Proportion und ein regelmäßiges Wiederkehren dieser Zufälle finden, wie z. B. die Zahl der Beinbrüche constant dasselbe Verhältniß Jahr aus Jahr ein der Bevölkerung gegenüber darbietet. Alle diese Erfahrungen und Versuche beweisen auf das Entschiedenste, daß selbst bei denjenigen Vorgängen, bei welchen man eine Urzeugung annehmen könnte, es stets eines zeugenden Organismus bedarf, um ein anderes organisches Wesen hervorzubringen.

Allein auch hier giebt es mancherlei Variationen der Entwickelungsweise, und erst als die höhere Blüthe kann man die Trennung der Geschlechter, die Fortpflanzung, welche aus der Vereinigung zweier Individuen getrennten Geschlechtes hervorgeht, bezeichnen. Bei den niederen Thieren kommen mancherlei Fortpflanzungsweisen vor, deren wir hier in der Kürze erwähnen wollen, und es tritt hier zugleich eine gewisse Abhängigkeit dieser Fortpflanzungsweisen von den äußeren Verhältnissen auf, die bei den höheren Thieren nicht mehr vorkommt. Viele niedere Thiere nämlich können sich in mehrfacher Weise vervielfältigen, und je nach den Verhältnissen oder den Jahreszeiten wird bald die eine, bald die andere Art der Fortpflanzung vorgezogen.

Viele meiner Leser kennen ohne Zweifel die kleinen gallertartigen Thiere, welche man an den Stengeln der Wasserlinsen findet, die mit dem einen Ende ihres Körpers an den zarten Wurzeln festsitzen, während an dem anderen Ende mehrere nach Willkür einziehbare Arme eine Art von Busch um den Mund

bilden. Diese Thiere, Armpolypen oder Hydren benannt, haben eine Menge von Verwandten, welche im Meere leben und dort ganze Stöcke bilden, die sich auf mancherlei Körper festsetzen. Es bestehen diese Stöcke aus einer gelatinösen Grundmasse, die sich etwa wie eine Flechte über die Oberfläche der Körper hinzieht und einen gemeinschaftlichen Mutterboden bildet, auf welchem die einzelnen Polypen aufsitzen. Dieser Mutterboden nun breitet sich immer mehr und mehr aus, er sendet wuchernd, etwa wie Erdbeerenstöcke, Schößlinge aus, auf welchen sich neue Polypen erheben, und sehr häufig beschränkt sich die Fortpflanzung und Vermehrung eines solchen Polypenstockes auf die bloße Aussendung von solchen Stolonen oder Ausläufern.

Die einzelnen Polypen selbst vermehren sich indeß ebenfalls zuweilen auf eigenthümliche Art. Seitlich an ihrem Körper entsteht eine Aussackung, die allmählich länger wird, sich öffnet, und am Ende einen länglichen Schlauch darstellt, um dessen vordere Oeffnung Arme hervorsprossen. Der junge Polyp löst sich nach und nach von dem Körper der Mutterpolypen ab und setzt sich irgendwo an, um ein selbstständiges Leben zu beginnen. Diese Fortpflanzung durch Knospenbildung ist die gewöhnlichere bei den gemeinen Armpolypen des süßen Wassers.

Bei den im Meere lebenden Armpolypen zeigt sich indessen noch eine dritte Art der Entwickelung, die mit der oben erwähnten Ammenzeugung der Schmarotzer theilweise zusammenfällt. Auch hier bildet sich seitlich an dem Polypen eine Knospe, die allmählich heranwächst zu einem gallertartigen Geschöpfe, das einen runden scheibenartigen Körper hat, der etwa einem gewölbten Schilde oder einer Glocke ähnlich gestaltet ist. An dem Rande dieser Glocke hängen zahlreiche, zum Schwimmen dienende Fäden, und im Inneren der Glocke zeigt sich der centrale Mund, der in weitere Magensäcke und vielfach verästelte Saftröhren führt. Jeder, der den Meeresstrand besucht hat, kennt diese seltsamen Geschöpfe, welche zu Tausenden, mit den zartesten Farben prangend, auf dem weiten Meere dahin wogen, von den Wellen hülflos an den Strand gespült werden und den Badenden oft durch

ihre nesselnde Eigenschaft lästig sind. Diese Quallen oder Medusen erzeugen in ihrem Inneren Eier und Junge, welche anfangs die Gestalt von Infusorien besitzen, mittelst eines Wimperüberzuges ihres Körpers frei in dem Meere umherschwimmen, bald aber sich ansetzen und zu einem vollständigen Polypen sich ausbilden. Auf diese Weise ist den Polypen die Möglichkeit gegeben, sich in größere Entfernungen hin fortzupflanzen, da die Qualle frei in dem Meere schwimmt und auch die von ihr erzeugten jungen Polypen im Anfange freie Ortsbewegung besitzen.

Alle diese verschiedenen Verhältnisse, Theilung, Knospung, Ammenzeugung, kann man unter dem Namen der geschlechtslosen Zeugung und Fortpflanzung zusammenfassen. Es existiren hier keine besonderen Zeugungsstoffe, keine speciellen Keime, aus welchen sich das neue Individuum entwickelt. Bei der geschlechtlichen Zeugung hingegen sind besondere Zeugungsstoffe entwickelt, die wir oben als Eier und Samen unterschieden. Hier bedarf es, wie schon oben angeführt wurde, in den meisten Fällen der unmittelbaren Berührung von Ei und Samen, um den Keim, welcher in dem ersteren schlummert, zu wecken und die Entwickelung des neuen Individuums anzuregen. Das eigentlich Befruchtende des Samens sind ohne Zweifel die Samenfäden, und wenn dies schon daraus hervorgeht, daß sie nur zur Zeit der Mannbarkeit sich bilden, so liefert ein directer Versuch den vollständigsten Beweis. Der Samen des Frosches kann filtrirt werden, ohne daß die Samenfäden mit der Flüssigkeit durch das Filtrum gehen. Mit der filtrirten Flüssigkeit ist die Befruchtung unmöglich, während die auf dem Filter zurückgebliebene Masse, welche die Samenfäden enthält, unverändert ihre Kraft beibehalten hat.

Bei vielen Thieren, besonders aber bei den meisten Schnecken, sind die männlichen und weiblichen Zeugungsorgane in demselben Individuum vereinigt, und meistens sogar in der Art, daß Hode und Eierstock gleichsam wie zwei Handschuhe in einander gesteckt sind. Meist indeß sind die Ausführungsgänge bei den keimbereitenden Organen so angeordnet, daß die ausgeführten Stoffe auf ihrem Wege einander nicht begegnen können, und daß es

einer wechselseitigen Befruchtung bedarf, um die Eier entwickelungsfähig zu machen. Bei unseren gewöhnlichen Gartenschnecken sehen wir deshalb stets eine solche wechselseitige Befruchtung erfolgen.

Bei allen höheren Thieren, den Insecten, Spinnen, Krustenthieren, sowie bei allen Wirbelthieren fast ohne Ausnahme, sind die Geschlechter auf verschiedene Individuen vertheilt und eine Vereinigung dieser Individuen nöthig, um die Befruchtung zu erzielen. Zugleich ist eine bestimmte Periode anberaumt, in welcher das Begattungsgeschäft vorgenommen wird. Die Eier bedürfen einer gewissen Zeit zu ihrer Entwickelung innerhalb der Eierstöcke, sie vergrößern sich allmählich und werden, wenn sie reif sind, ausgetrieben und durch den Eileiter nach außen geleitet, um mit dem männlichen Zeugungsstoffe in Berührung zu kommen. Dieser hat sich indessen correspondirend innerhalb der männlichen Geschlechtswerkzeuge entwickelt und ist zur Zeit der Reife der Eier vollständig ausgebildet. Die Geschlechtsreife ist zugleich die Periode der höchsten Blüthe des individuellen Lebens, und viele Insecten existiren während ihrer letzten kurzen Lebenszeit einzig nur zu diesem Zwecke der Fortpflanzung, und sterben fast unmittelbar, nachdem sie demselben genügt haben.

Ueber die Einwirkung des Samens auf das Ei war man bisher noch immer im Unklaren, und auch jetzt noch sind bei Weitem noch nicht alle Fragen in dieser Hinsicht gelöst. Trotzdem, daß bei der größeren Mehrzahl der Thiere das Ei sich erst außerhalb des mütterlichen Organismus entwickelt und auch erst außerhalb desselben befruchtet wird, trotzdem, daß man bei den meisten Eiern in den äußeren Schalengebilden Wege fand, durch welche Flüssigkeiten und auch wohl so feine Elementarkörper, wie die Samenfäden, bis zu der Dotterkugel gelangen konnten; trotz aller dieser Kenntnisse war man noch nicht dazu gekommen, ein bestimmtes materielles Verhältniß der Samenfäden zu dem sich entwickelnden Embryo zu constatiren. Man mußte eine Zeitlang nothwendig die älteren Ansichten, wonach der Samenfaden in die Dotterkugel hineinschlüpfen und die erste Embryonalanlage bilden

sollte, um so entschiedener verwerfen, als man die Bildung dieser Embryonalanlage aus besonderen Gewebetheilen, aus Zellen, genauer kennen gelernt hatte.

Die Untersuchungen der Neuzeit haben indessen gezeigt, daß in der That die Samenfäden, sei es nun durch besondere, in den Eihüllen vorhandene Oeffnungen, sei es indem sie sich einbohren, bis in das Ei selbst gelangen und dort mit dem bildungsfähigen Dotter verschmelzen. Die Thatsache ist jetzt vollkommen festgestellt und bei den meisten Thierklassen, selbst da, wo keine Oeffnungen in den Eihüllen nachweisbar sind, wurden die Samenfäden sogar im Inneren der befruchteten Eier gesehen. Der anfängliche bogenreiche Widerspruch in Quartformat, der einige Gereiztheit blicken ließ, hat sich endlich, trotzdem, daß die ersten Beobachter der unbequemen Thatsache keine Professoren waren, in Zustimmung auflösen müssen. Berücksichtigt man den Umstand, daß bei vielen Thieren ganz besondere Taschen oder Reservoirs angebracht sind, aus welchen stets, nach einmal geschehener Begattung, die Eier innerhalb des mütterlichen Organismus befruchtet werden können, so muß man allerdings zu der Ansicht kommen, daß in den meisten Fällen das Eindringen der Samenfäden in das Ei ein höchst wichtiges Moment ist, wenn auch die Umwandlung, welche der Samenfaden im Ei erleidet, noch nicht genauer bekannt ist. Da wo besondere Oeffnungen (sogenannte Mikropylen) am Ei in den Hüllen angebracht sind, durch welche die Samenfäden in das Innere eindringen können, zeigt sich ebenfalls unverkennbar die Absicht, Wege zur unmittelbaren Berührung des Dotters und der Samenfäden herzustellen.

Jedenfalls sind diese Beobachtungen von äußerstem Werthe für die ganze Ansicht von der Entstehung des neuen Wesens. Das Mysteriöse geht dabei freilich zu Grunde und an die Stelle einer Unbegreiflichkeit wird eine handgreifliche materielle Thatsache gesetzt. Jedes der Eltern giebt bei dem Zeugungsacte einen bestimmten Antheil von Stoff zu dem neuen Wesen: der mütterliche Organismus das Ei, der väterliche den befruchtenden Samenfaden. Es kann deshalb auch nicht auffallen, daß das Resultat

dieser Mischung verschiedenartigen Stoffes ein Mischproduct ist und daß die Kinder von den Eigenthümlichkeiten der beiden Zeugenden eine gewisse Summe vereinigt an sich tragen.

Doch darf man die Bedeutung des Begegnens der beiderseitigen Zeugungsstoffe, den Beobachtungen der letzteren Jahre zufolge, nicht zu einem allgemeinen Gesetze ausdehnen wollen, indem man jetzt eine Reihe von Thatsachen entdeckt hat, welche darauf hinweisen, daß selbst vollständige Eier befruchtungs- und begattungsfähiger Weibchen auch ohne stattgehabte Befruchtung sich in vollkommen normaler Weise zu Jungen entwickeln können. Beobachtungen über diese Jungfrauengeburten (Parthenogenese) sind bis jetzt hauptsächlich an Gliederthieren angestellt worden, während die Wirbelthiere überhaupt noch kein Beispiel derselben geliefert haben. Bei den niederen Krustenthieren, wie z. B. den sogenannten Kiemenfüßern (Branchiopoden) und den Insecten, ist diese Fortpflanzungsweise weit verbreitet und bei den Bienen namentlich ein höchst wichtiges Moment für das Fortleben der Bienengesellschaft überhaupt, indem aus allen befruchteten Eiern Weibchen oder Arbeiterinnen, aus allen unbefruchteten dagegen Drohnen oder Männchen sich entwickeln. Während bei anderen Insecten gerade der umgekehrte Fall eintritt, daß nämlich aus befruchteten Eiern Männchen, aus unbefruchteten dagegen Weibchen entstehen, scheint bei noch anderen, wie z. B. dem Seidenschmetterlinge, die Parthenogenese gewissermaßen nur eine Aushilfe bei mangelnder Befruchtung darzustellen, indem aus den unbefruchteten Eiern sich sowohl Männchen, wie Weibchen entwickeln. Es ist demnach unmöglich, ein allgemeines Gesetz über die Einwirkung des Samens bei diesen Vorgängen aufzustellen, indem dieselbe allerdings in einigen Fällen einen specifischen Einfluß auf das Geschlecht des werdenden Individuums übt, in anderen dagegen desselben gänzlich entbehrt.

Nichts desto weniger liefern diese Beobachtungen den Beweis, daß die materielle Verschmelzung der Samenelemente mit dem Ei in der That auch die Vermischung der charakteristischen Eigenthümlichkeiten der Eltern bedingt. Man kennt bei den Bienen

zwei Rassen, welche beide zur Honiggewinnung gezüchtet werden: die gelbe italienische und die braune nördliche Rasse. Läßt man nun eine Königin von einem Männchen der anderen Rasse befruchten, so zeigen die aus den befruchteten Eiern hervorgehenden Individuen, die Königinnen und Arbeiterinnen, Mischlingscharaktere, sind wirkliche Bastarde, während die aus den unbefruchteten Eiern hervorgehenden Drohnen die Charaktere der Mutter rein und unverfälscht an sich tragen. Hier ist also in der That der Beweis geliefert, daß durch die Befruchtung die Charaktere des Vaters in wahrhaft materieller Weise durch den Samen auf das von dem mütterlichen Organismus erzeugte Ei übertragen werden, indem nur diejenigen Eier, in welche wirklich Samenelemente eingedrungen sind, auch Junge erzeugen, welche die Charaktere des Vaters an sich tragen.

Zwanzigster Brief.

Die Zeugung des Menschen.

Die Geschlechtsreife kündigt sich namentlich bei den weiblichen Säugethieren durch die periodische Wiederkehr gewisser Erscheinungen an, welche wir unter dem Namen der **Brunst** kennen. Die Thiere werden traurig, in ihrem Benehmen zeigt sich eine eigenthümliche Unruhe, und meistens findet man bei der Untersuchung die äußeren Geschlechtstheile stärker geröthet, angeschwollen und in einer Art entzündlicher Aufregung. Diese Erscheinungen beginnen allmählich und steigern sich bis zu einem gewissen Höhepunkte, von welchem aus sie wieder zurücktreten. Während dieser Höhezeit der Brunst wehrt das weibliche Thier das Männchen ab, welches ihm eifrig nachstrebt, und erst nach Abnahme der entzündlichen Erscheinungen, bei welcher sich oft sogar Abgang blutigen Schleimes gewahren läßt, wird das Männchen angenommen. Die eben erwähnten Aeußerungen der Geschlechtslust bei den Thieren, welche periodisch wiederkehren, beruhen offenbar auf einem tieferen Grunde, und zwar ausschließlich auf der gesundheitsgemäßen Function der Eierstöcke. Weibliche Thiere, welchen man diese Organe ausgerottet hat (wie dies namentlich sehr häufig bei Schweinen, welche zur Mästung bestimmt sind, geschieht), werden nicht wieder brünstig, während die Ausschneidung der Eileiter oder der Gebärmutter, wenn sie auch die Zeugungsfähigkeit absolut aufhebt, dennoch der regelmäßigen Wiederkehr der Brunst keinen Eintrag thut. Diese ist demnach ohne Zweifel durch das Leben der Eierstöcke, durch die Entwickelung der in ihnen gebildeten Eier bedingt. Allein die Er-

scheinungen, welche hervorgerufen werden, erstrecken sich über die gesammte Sphäre der Geschlechtsorgane. In der That findet man bei brünstigen Thieren die ganze Ausdehnung der inneren Schleimhäute, welche von der Gebärmutter aus in die Eileiter übergehen und diese auskleiden, lebhaft geröthet, die Blutgefäße dieser Organe, so wie diejenigen des Eierstockes strotzend erfüllt, und an dem Eierstocke selbst höchst merkwürdige Veränderungen in dem Verhalten der Follikel und der Eichen.

Man nahm früher ziemlich allgemein an, daß die Brunst der Säugethiere gleichsam das Zeichen sei, wodurch sich die Reife einiger im Eierstocke enthaltenen Eier kund gebe. Die Begattung, glaubte man, bilde das erregende Moment, wodurch die Loslösung der Eier vom Eierstocke bedingt werde, so daß dann die Zeugungsstoffe einander im Inneren der weiblichen Organe begegneten. Man glaubte also, einen Unterschied annehmen zu dürfen zwischen den Säugethieren und den übrigen Thieren, bei welchen die Eier durchaus unabhängig von der Begattung sich von dem Eierstocke loslösen und ausgestoßen werden. Die Untersuchungen der Neuzeit haben indessen gelehrt, daß diese Ansicht falsch sei, und daß bei den Säugethieren eben so gut, wie bei allen anderen Thieren, die Eier sich periodisch, auch ohne Einfluß der Begattung, vom Eierstocke loslösen und zur Zeit der Brunst nach außen geführt werden. Die Resultate der oben erwähnten Versuche sind in ihren Folgerungen für die menschliche Zeugung zu wichtig, als daß wir hier nicht näher darauf eingehen sollten. Bevor wir dies indeß thun, müssen wir den Mechanismus der Ablösung der Eier von dem Eierstocke einer näheren Betrachtung unterwerfen.

Meine Leser erinnern sich, daß das Ei der Säugethiere und des Menschen, welches kaum $^1/_{10}$ Linie im Durchmesser hat, hart an der Oberfläche des Follikels gelagert ist, und daß der Follikel selbst um so mehr nach außen drängt, je entwickelter er ist. Die Oberfläche des Eierstockes ist von einer dünnen zarten Haut, einer Doppelfalte des Bauchfelles, überzogen, und diese Haut wird von den entwickelten Follikeln halbkugelförmig in die

Höhe gehoben. Vermöge seiner Lagerung innerhalb des Follikels befindet sich das Eichen auf dem höchsten Punkte dieser Erhöhung, hart an der Innenwand des Bauchfellüberzuges. Mit dem Beginne der Brunst zeigt sich erhöhter Blutandrang nach dem Eierstock und eine lebhaftere Ausschwitzung der Flüssigkeit, welche den Follikel erfüllt. Die Wandungen des Follikels selbst erscheinen geröthet, entzündet, und sehr oft sieht man auf seiner Oberfläche zierliche Geflechte von überfüllten Blutgefäßen. Der Bauchfellüberzug des Follikels erweicht sich allmählich unter dem Einflusse dieser entzündlichen Thätigkeit mehr und mehr an der dem Eichen gegenüberliegenden Stelle. Der Follikel füllt sich zugleich prall mit weißlicher, eiweißartiger Flüssigkeit an, öffnet sich am Ende

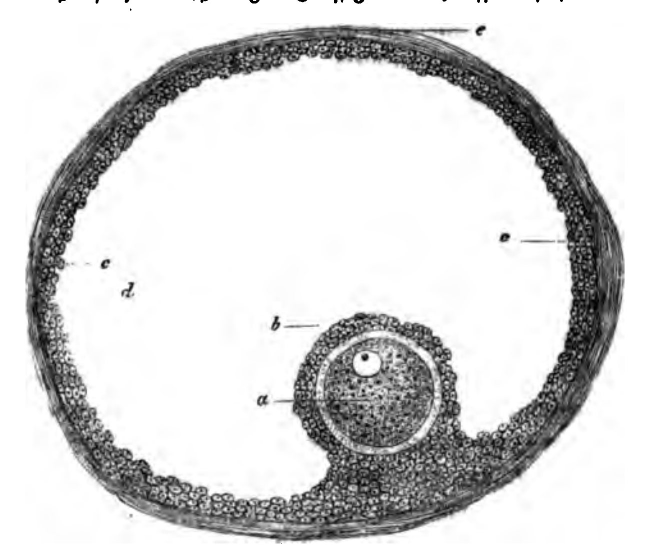


Fig. 76.

Idealer Durchschnitt eines Graaf'schen Follikels bei starker Vergrößerung. a. Das Ei umgeben von der kreisförmigen, hellen Zona oder Dotterhaut, und das excentrisch gelegene durchsichtige Keimbläschen mit dem Keimflecke innerhalb des körnigen Dotters einschließend. b. Epithellage, welche das Ei einschließt (Discus proligerus) und sich in das Epithelium c fortsetzt, welches den Follikel auf der Innenfläche auskleidet. d. Kapsel des Follikels, aus Bindegewebe gebildet. e. Außenfläche.

an seiner höchsten Stelle, da wo die umhüllenden Häute am dünnsten sind, und läßt das Eichen austreten, welches dann in den geöffneten Trichter des Eileiters fällt und von diesem weiter geleitet wird. Man hat diesen Vorgang so dargestellt, als berste der Follikel förmlich durch die übermäßige Anfüllung mit ausgeschwitzter Flüssigkeit, und lasse beim Zerplatzen das Eichen austreten. Man hätte sich schon durch Beobachtung an eierlegenden Thieren überzeugen können, daß diese Auffassung des Hergangs eine falsche sei. Bei diesen Thieren nämlich ist fast gar keine Flüssigkeit zwischen dem Ei und dem Eisacke ergossen. Der Eisack, der dem Ei überall fest anliegt, ist nur von einer dünnen Membran gebildet, welche in wirkliche entzündliche Erweichung übergeht, und unmittelbar nach dem Austritte des Eies nicht mehr Consistenz darbietet, als eine dicklichte Gallerte, welcher die Blutgefäße einigen Halt verleihen. Die Austrittsstelle des Eichens aus dem Follikel bei dem Säugethiere und dem Menschen zeigt sich unmittelbar nach diesem Austritte niemals wie ein durch Platzen entstandener Riß, sondern als ein kleines, mit freiem Auge kaum wahrnehmbares Löchlein, welches meist von einem deutlichen Gefäßkranze umgeben und dessen Platz schon lange vor dem Austritte des Ei's durch eine dünnere Stelle bezeichnet ist. Die Austreibung selbst geschieht in der Weise, daß einerseits die Zellen, welche den Follikel auskleiden, mächtig wuchern und sich zugleich in Fett umwandeln, und anderseits von der Wand her Gefäße nach Innen vorspringen, die den Innenraum stets mehr verengen und die Erweichung der Follikelhaut begünstigen.

Nach der Austreibung des Eichens steigert sich meist die Entzündung in dem Follikel so sehr, daß wirkliche Blutergießung in demselben stattfindet und zugleich plastische Zellmasse ausgeschwitzt wird, welche häufig schwammartig aus der Oeffnung hervorwuchert. Durch eine Reihe allmählicher Metamorphosen bildet sich dann diese wuchernde Masse nach und nach wieder zurück und läßt sich nach langer Zeit als ein rundlicher Körper erkennen, welcher meistens eine gelbliche Farbe besitzt und deshalb

von den Anatomen auch als gelber Körper bezeichnet wurde. An der Spitze dieses gelben Körpers, an der Austrittsstelle des Eichens, zeigt sich dann eine, meist strahlige Narbe, im Inneren gewöhnlich ein Blutpfropf, der von einer mannigfach gefalteten, dicken Haut eingeschlossen ist, welche aus der allmählichen Umbildung der inneren Zellenlage des Follikels hervorging. Der Blutpfropf nimmt allmählich ab, die gefaltete Haut wuchert fort, verdickt sich, wird fester, zieht sich zusammen, schwindet mehr und mehr, und endlich bleibt nur eine Narbe, an deren innere Seite eine kleine, zackig verdichtete Stelle grenzt. Die Bildung eines gelben Körpers ist demnach die unvermeidliche Folge des Austrittes eines Eichens aus dem Follikel. Wir werden indeß später sehen, daß der Umfang eines solchen gelben Körpers bedeutend größer ist, und daß seine Narbe meist das ganze Leben hindurch sich erhält, wenn wirkliche Befruchtung und Schwangerschaft erfolgte, ein Umstand, der sich leicht durch den erhöhten Erregungszustand der inneren Geschlechtstheile während der Schwangerschaft erklären läßt; während dagegen diejenigen gelben Körper, welche durch Austritt eines Ei's ohne nachfolgende Befruchtung und Schwangerschaft entstanden sind, sehr bald gänzlich verschwinden und keine bleibende Narbe zurücklassen.

Um die frühere Ansicht, daß die Loslösung der Eier bei den Säugethieren eine Folge der Anregung sei, welche durch den in die inneren Geschlechtstheile gelangten Samen bewirkt werde, zu widerlegen, bedurfte es des Beweises, daß die Eier auch bei geschlossenen Leitungsorganen, wo der Samen nicht bis zum Eierstocke vordringen kann, sich loslösen, und daß sie auch bei denjenigen Thieren in den Eileiter gerathen, bei welchen gar keine Annäherung des Männchens erfolgt ist. Die angestellten Versuche beweisen nun auf das Entscheidendste, daß bei weiblichen Hunden und Kaninchen, denen man Stücke des Uterus ausgeschnitten hatte, nach Verheilung der Wunde dennoch die Brunst wiederum eintrat, wie wenn nichts vorgefallen wäre. Untersuchte man nun nach stattgehabter Begattung die inneren Geschlechtstheile, so fand man, daß der Samen und die lebhaft sich

bewegenden Samenfäden einerseits bis zu der Stelle vorgedrungen waren, wo die Höhle des Uterus durch eine Narbe verschlossen war, und daß anderseits das Eichen den Eierstock verlassen und die Wanderuug innerhalb des Eileiters begonnen hatte. Die Untersuchung solcher Thiere, welche brünstig waren, die man aber während der ganzen Zeit der Brunst von dem Männchen entfernt gehalten hatte, wies nach, daß auch hier die Eier ausgetreten und im Eileiter befindlich waren; — ja selbst bei solchen Weibchen, die noch nie geboren hatten und zum ersten Male brünstig waren, zeigten sich ausgestoßene Eier im Eileiter und beginnende Bildung gelber Körper in den Follikeln. Es ist demnach jetzt unumstößlich bewiesen, daß die Eier der Säugethiere sich periodisch, nachdem sie zur vollständigen Reife gelangt sind, bei dem Auftreten der Brunsterscheinungen von dem Eierstocke loslösen und ihren Weg durch die Eileiter nach der Gebärmutter hin fortsetzen. Aeußerlich wird die Reife und der Beginn ihrer Wanderung durch die Brunst angedeutet. Erhält der dadurch angeregte Geschlechtstrieb seine Befriedigung, wird die Begattung zu rechter Zeit vollzogen und werden die Eier auf ihrem Wege noch innerhalb des Eileiters von dem Samen erreicht, so werden sie befruchtet und entwickeln sich weiter. Ist dieses nicht der Fall, so gehen sie zu Grunde und werden wahrscheinlich innerhalb der Geschlechtstheile selbst aufgelöst und vernichtet.

Bei dem menschlichen Weibe zeigen sich eigenthümliche Verhältnisse, welche die Anwendung des eben erwähnten Gesetzes bedeutend erschweren. Die Geschlechtsreife desselben kündigt sich durch jenen eigenthümlichen, periodisch wiederkehrenden Blutfluß an, den wir unter dem Namen der Menstruation oder der monatlichen Reinigung bezeichnen. Im normalen Zustande kehrt diese Absonderung je nach dem Verlaufe eines Mondsmonats oder nach 28 Tagen wieder; ihren Eintritt bezeichnet meist leichtes Unwohlsein, Abgespanntheit, während nach ihrem Verschwinden erhöhtes Wohlbefinden und zugleich lebhaftere Geschlechtslust eintritt. Die Menstruation hängt eben so, wie die Brunst bei den Thieren, von dem normalen Befinden der Eier-

stöcke ab. Bei Eierstockskrankheiten, welche beide Organe befallen, bei verkrüppeltem Zustande und unvollständiger Ausbildung der Eierstöcke fehlt auch die Menstruation, und eben so verschwindet sie alsbald mit dem Aufhören der Geschlechtsthätigkeit. Es zeigt sich also eine große Analogie zwischen der Menstruation einerseits und der Brunst der Säugethiere anderseits, eine Analogie, die nur dadurch einigermaßen gestört wird, daß die Menstruation sehr häufig wiederkehrt und keine so absolute Grenze in der Ausübung der geschlechtlichen Function zieht, als dies bei der Brunst der Fall ist. In der That übt das weibliche Säugethier nur unmittelbar nach dem Ablaufe des Höhepunktes der Brunst, nicht aber in der Zwischenzeit die Begattung aus, während bei dem Weibe die Befriedigung der Geschlechtslust an keine Zeit gebunden ist. Indeß ist dieser Unterschied wohl in der ursprünglich freieren Natur des Menschen begründet, der in allen Verhältnissen weit weniger an Zeit und Ort gebunden erscheint, als dies bei dem Thiere der Fall ist.

Man glaubte früher, daß die Existenz eines gelben Körpers an dem Eierstocke stets ein untrügliches Zeichen stattgehabter Empfängniß sei. Die neuen Untersuchungen haben indeß gelehrt, daß jedesmal bei der Menstruation ein Follikel sich öffne, mit ihm ein Ei austrete, und ein gelber Körper als Zeugniß dieses Austrittes zurückbleibe. Indessen erscheint dieser gelbe Körper, welcher sich nach der Menstruation entwickelt, kleiner und unvollständiger ausgebildet, und die Narbe, die er verursacht, verschwindet weit früher, als diejenige, welche in Folge stattgehabter Empfängniß an dem Eierstocke sich findet. Bedenkt man aber, daß die Empfängniß und die Entwickelung des Fötus einen fortdauernden Reizzustand in den inneren Geschlechtsorganen erhält, daß der Blutandrang Monate lang in bedeutendem Maße fortfährt, so wird man begreiflich finden, daß auch die Ausschwitzung von Narbenmasse in dem entzündeten Follikel bedeutend größer ist während des Monate lang andauernden Reizzustandes der inneren Geschlechtsorgane, welchen die Schwangerschaft unterhält, und daß deshalb ein weit ansehnlicherer gelber Körper zurückbleiben muß, als

nach der Menstruation, wo die Aufregung der Organe nicht ferner fortdauert und bald Alles in den normalen Zustand zurückkehrt.

Aus dem Vorhergehenden erhellt, daß regelmäßig bei dem Eintritte der Menstruation die Eichen sich loslösen und ihre Wanderungen beginnen. Der erhöhte Congestionszustand, in welchem sich die inneren Geschlechtsorgane während der Periode der Ausstoßung befinden, äußert sich auch namentlich in dem Kelche und in den Fransen des Trichters, der die innere Mündung des Eierstockes bildet. Diese Fransen richten sich auf und umfassen den Eierstock so von allen Seiten, daß das Eichen in die innere Höhle fallen muß. In den Röhren der Eileiter selbst angelangt, wird es von den wurmförmigen Zusammenziehungen derselben, sowie von der Wimperbewegung weiter nach unten befördert, und trifft, im Falle Begattung erfolgt, innerhalb des Eileiters mit dem Samen zusammen. Dieser letztere kommt ihm sonach auf halbem Wege entgegen, und es fragt sich, durch welches Mittel diese Fortbewegung des Samens bewerkstelligt werde.

Untersucht man die inneren Geschlechtsorgane von Thieren, welche unmittelbar nach der Begattung getödtet wurden, so zeigt sich die ganze Gebärmutter bis in ihre hinteren Enden mit Samenfäden erfüllt, welche sich auf das Lebhafteste bewegen. Nach und nach dringen auch die Samenfäden in den Eileiter ein und man kann sie in demselben um so weiter vorgerückt finden, je längere Zeit nach der Begattung verflossen ist. Oftmals begegnet es sogar, daß die Begattung schon ziemlich lange vor dem Austritte der Eier stattfindet, und daß deshalb die Samenfäden bis zu dem Eierstocke selbst vordringen können. Es sind mehrfache unzweifelhafte Beobachtungen vorhanden, in welchen man Samenfäden auf dem Eierstocke selbst fand; — in den meisten Fällen jedoch muß zugestanden werden, daß sie nicht bis dahin gelangen, sondern unterwegs die Eier antreffen. Meistens findet man die Eier, welche in dem mittleren oder unteren Dritttheil des Eileiters sich befinden, rundum mit Samenfäden bedeckt, und oft sogar sind diese letzteren inmitten der Eiweißschichten, welche bei einigen Säugethieren sich im Eileiter bilden, eingelagert.

Bei dem menschlichen Weibe scheinen ganz vollkommen gleiche Verhältnisse obzuwalten. Auch hier ist es wahrscheinlich, daß in der Regel eine fruchtbare Begattung nur dann stattfindet, wenn der Same bei der Begattung selbst bis in die Höhle der Gebärmutter eingebracht wird. Aus diesem Grunde schon ist die leichtere Befruchtung unmittelbar nach der Menstruation wahrscheinlich, weil während des Blutflusses der Muttermund erweicht und geöffnet ist. Indessen beweisen auch viele, unzweifelhaft wahre Thatsachen, daß manchmal Empfängniß erfolgte, wenn auch der Same nur an die äußeren Geschlechtstheile gebracht wurde. Ein alter Berliner Arzt, dessen liebenswürdige Persönlichkeit das unbedingte Vertrauen seiner Clienten sich erwarb, hat aus seiner reichen Erfahrung mehrere schlagende Fälle dieser Art mitgetheilt, welche beweisen, daß in seltenen Fällen auch nur von den äußeren Geschlechtstheilen aus die befruchtende Flüssigkeit bis in das Innere vordringen kann. Indeß, wie gesagt, dies sind nur seltene Ausnahmen von der Regel.

Wenn somit die Fortwanderung der Samenfäden innerhalb der weiblichen Geschlechtstheile unbezweifelt ist, so kann auf der anderen Seite nicht in Abrede gestellt werden, daß kein besonderer Bewegungsapparat für den Samen innerhalb der Geschlechtstheile existire, sondern daß die Samenfäden selbst durch ihre kriechenden und schlängelnden Bewegungen sich allmählich weiter schieben. Von den Hunderttausenden, welche in das Innere der Gebärmutter gelangen, finden vielleicht nur wenige ihren Weg in den Eileiter, allein auch diese wenigen genügen zu der Erreichung des vorgesteckten Zweckes. Bei vielen Thieren finden sich freilich weit complicirtere Anstalten, um den Samen an den Ort seiner Wirksamkeit zu bringen, und bei manchen Mollusken und Krustenthieren namentlich zeigen sich wahrhafte Samenmaschinen, in deren schlauchartigen Behältern gelatinöse Substanzen angehäuft sind, welche bei der Berührung mit Wasser anschwellen und zuletzt den Samenschlauch so ausdehnen, daß er berstet und den Samen ausschleudert.

Es steht im Allgemeinen fest, daß die Frauen unmittelbar nach der Beendigung der Menstruation am Leichtesten empfangen, weshalb man denn auch den Termin der Schwangerschaft auf die Art am Sichersten berechnet, daß man die Epoche der Empfängniß acht Tage nach der letzten Menstruation annimmt; Erfahrung und Theorie weisen aber gleichmäßig darauf hin, daß in dem Zeitraume zwischen je zwei Menstruationen eine mehr oder minder lange Epoche liegen müsse, innerhalb welcher zwar Empfängniß statthaben kann, aber doch nur in selteneren Fällen erfolgt. Ueber die Länge dieses Zeitraumes, sowie über seine Stellung innerhalb der angegebenen Zeit, können freilich die verschiedensten Meinungen geltend gemacht werden, da das Endresultat, die Empfängniß, von mehreren Factoren abhängt.

Das erste Verhältniß, welches hier in Rechnung gezogen werden muß, liegt in der zeitlichen Beziehung der Loslösung des Eichens zu dem Eintritte der Menstrualblutung. Die Erfahrungen, welche man durch Zergliederung von Mädchen und Frauen gesammelt hat, die innerhalb der Menstruationsperiode starben, liefern hier eben so wenig einen genauen zeitlichen Anhaltspunkt, als die Zergliederung brünstiger Thiere. Man ersieht daraus nur so viel, daß Menstrualfluß, Brunst, Platzen der Follikel und Wanderung der Eichen in dem Eileiter zwar mit einander in engster Verknüpfung stehen; daß aber Menstrualfluß und Brunst oft schon vorübergegangen oder ihrem Ende nahe sind, während der Follikel zwar zum Bersten reif, aber noch nicht geplatzt ist, während in anderen Fällen die Eichen schon vor dem Beginne des Flusses oder der sichtbaren Brunst in den Eileiter eingedrungen waren. Begreiflicher Weise können diese wechselnden Verhältnisse auch eine Schwankung von mehreren Tagen in der Befruchtung herbeiführen.

Ein zweites Moment steht mit der Wanderung der Eier in dem Eileiter und den dortigen Entwickelungsvorgängen in Beziehung. Wir werden in der Folge dieser Untersuchungen sehen, daß der Samen und das Ei nothwendig einander innerhalb der Eileiter begegnen müssen, und daß eine Befruchtung nicht mehr

möglich ist, sobald das Ei einmal den Eileiter durchwandert und innerhalb der Gebärmutter angelangt ist. Bis jetzt ist es nur zwei Beobachtern geglückt, menschliche Eichen in dem Eileiter aufzufinden, und diese Beobachtungen, so schätzbar sie auch sonst sein mögen, liefern durchaus kein Material zu der Entscheidung der Frage, wie lange Zeit das Eichen brauche, um bei dem Menschen den Eileiter zu durchwandern. Bei den Thieren ergeben sich abweichende Verhältnisse. Das Ei des Kaninchens braucht durchschnittlich 3 Tage, das der Schafe und Kühe 4—5, das des Hundes 8—12 Tage, um die Länge des Eileiters zu durchwandern, und wahrscheinlich schließt sich das menschliche in dieser Beziehung zunächst demjenigen des Hundes an. Man sieht, daß hier ein weiter Spielraum schon für die Befruchtung des Eichens gegeben ist, indem in denjenigen Fällen, wo das Eichen erst nach dem Aufhören der Menstruation seine Wanderung beginnt, die Befruchtung 12—14 Tage nach dem Aufhören derselben möglich wäre, während in den entgegengesetzten Fällen, wo das Eichen seine Wanderung schon vor dem Eintritte der Menstruation beginnt, die Befruchtung selbst nur innerhalb der Menstruationszeit stattfinden könnte.

Noch eines dritten Factors müssen wir bei diesen Berechnungen erwähnen. Es betrifft die Lebensdauer der Samenthierchen innerhalb der weiblichen Geschlechtstheile, innerhalb der Gebärmutter und der Eileiter. Bei vielen Insecten ist diese Lebensdauer fast unbeschränkt; bei allen denjenigen Arten, bei denen die Weibchen überwintern, werden diese im Herbste befruchtet und der Samen in einer eigenen Nebentasche aufbewahrt, in welcher er sich bis zum nächsten Sommer, wo das Eierlegen stattfindet, vollkommen lebensfähig erhält. Es bedarf stets einer gewissen Zeit, bis der Same durch die weiblichen Geschlechtstheile hindurch gewandert ist, und es unterliegt keinem Zweifel, daß man 5—8 Tage nach geschehener Begattung im Inneren der Geschlechtstheile weiblicher Säugethiere noch lebende Samenfäden antrifft, wenn auch ihre Anzahl in den letzten Tagen sich bedeutend verringert hat. Vielleicht dauert diese Periode der

Erhaltung in den Geschlechtstheilen des Weibes noch länger, so daß selbst eine Menstruationsperiode dadurch überbrückt werden könnte. Es läßt sich der Fall denken, daß der Samen, der durch eine Begattung eine geringe Zeit vor dem Eintritte der Menstruationsperiode eingeführt wurde, schon bis in die Eileiter vorgedrungen war, ehe der Blutfluß begann, der ihn aus der Gebärmutter weggespült haben würde, so daß das herabsteigende Eichen dennoch befruchtet werden konnte. Nimmt man alle diese Punkte zusammen, so würde die Befruchtung einige Tage vor und etwa 12—14 Tage nach Eintritt der Menstruation am Leichtesten stattfinden können, in der Zwischenzeit nur in selteneren Fällen erfolgen, aber doch zu jeder Zeit möglich sein.

Man hat durch statistische Untersuchungen die Frage in der Weise zu lösen gesucht, daß man aus den Civilregistern die Daten der Hochzeitstermine mit den dazu gehörenden Erstgeburten verglich, und daraus einen Schluß zu ziehen suchte, indem man sich dabei auf die Thatsache verließ, daß die meisten Ehen zwischen je zwei Menstruationsperioden, etwa 2—18 Tage nach dem Aufhören des Menstrualflusses, geschlossen werden. Wie begreiflich haben diese Untersuchungen, die zudem nur über eine geringe Anzahl von Fällen ausgedehnt wurden, und bei denen der Verfasser höchst sonderbarer Weise auch noch eine Auswahl der Fälle traf, und lediglich aus mittleren und höheren Classen wählte, nur höchst schwankende Resultate gegeben. Die meisten Erstgeburten fallen freilich in zwei Perioden, die eine 270—280 Tage, die andere 287—294 Tage nach dem Schlusse der Ehe. Der Zwischenraum zwischen beiden Perioden ist aber ebenfalls, wenn auch mit einer geringeren Zahl von Fällen, ausgefüllt. Freilich muß man bei Berechnungen dieser Art auch in Betracht ziehen, daß die Schwangerschaftsperiode nicht überall genau dieselbe ist, und auch hierdurch ein Schwanken in das Resultat eingeführt werden muß, das nur bei Betrachtung einer sehr großen Anzahl von Fällen auf ein Minimum reducirt wird.

Einundzwanzigster Brief.

Das Ei im Eileiter. Die Zellenbildung.

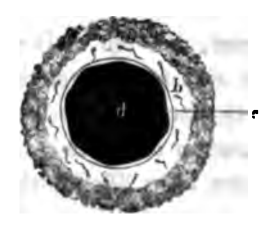
In dem oberen Dritttheile des Eileiters zeigt sich das Ei bei den Säugethieren ganz in derselben Gestalt, wie wir es in dem Eierstocke kennen lernten. Es hat noch immer einen kugeligen homogenen Dotter, an dessen einer Stelle man zuweilen noch das Keimbläschen unterscheidet, obgleich in den meisten Fällen dasselbe verschwunden ist und dann der Dotter als durchaus gleichförmige Kugel erscheint. Es hat ferner seine Zona als äußere Hülle. Anfangs sitzen auf dieser noch ringsum, einem Strahlenkranze gleich, die aus dem Graaf'schen Follikel mitgebrachten Zellen der Keimscheibe. Diese letzteren streifen sich indessen sehr bald ab, so daß die Zona vollkommen nackt und bloß erscheint.

Bei dem Kaninchen und, wie es scheint, bei den meisten niederen Säugethieren, sondert der Eileiter eine helle, durchsichtige, halbfeste Masse ab, die sich schichtenweise um das Ei herumlegt und in ihrem äußeren Verhalten vollkommen dem Eiweiße der Vogeleier gleicht. Zwischen den Schichten dieser Masse sieht man sehr häufig Samenthierchen in Menge eingeschlossen, die vielleicht auf dem Wege nach dem Inneren des Ei's zwischen dem sich absondernden Eiweiße eingeklebt wurden. Bei den höheren Säugethieren, dem Hunde z. B., fehlt diese Eiweißbildung durchaus, und es stand demnach zu erwarten, daß auch bei dem

höchsten Säugethiere, dem Menschen, bei welchem man bis jetzt nur zweimal ein Ei im Eileiter gesehen hat, keine solche Eiweißbildung angetroffen werden dürfte.

In der unteren Hälfte des Eileiters, in welcher das Ei anlangt, umgeben von seiner Eiweißschicht, befreit von den Zellen der Keimscheibe, und wo das Keimbläschen schon untergegangen ist, treten die merkwürdigen Veränderungen des Dotters ein, die man unter dem Namen der Furchung oder des Theilungsprocesses bezeichnet hat. Es beginnt dieser Theilungsproceß, aus welchem allmählich die bildenden Elemente des Embryos hervorgehen, auch in Eiern, welche nicht befruchtet wurden; er schreitet aber nicht vorwärts in der normalen Weise, die wir bald beschreiben werden, sondern wird unregelmäßig, wenn die Befruchtung nicht baldigst erfolgt. Deshalb führten wir auch oben als nothwendige Bedingung der Befruchtung an, daß die Begegnung des Samens und des Eies noch innerhalb des Eileiters stattfinden müsse. Da die Furchung stets im unteren, oft aber auch schon im mittleren Theile des Eileiters beginnt und die Befruchtung ihre Regelmäßigkeit nicht wieder herstellen kann, sobald diese einmal gestört ist, so erscheint unsere Behauptung vollkommen gerechtfertigt.

Fig. 77.



Ein Hundeei aus dem untersten Theile des Eileiters, unmittelbar vor dem Beginne der Furchung. Die mit diesem Vorgange verbundene Contraction hat dem Dotter eine vieleckige Form gegeben. Die Zellen der sogenannten Keimscheibe, welche bei dem Hunde während der ganzen Wanderung durch den Eileiter an dem Eie hängen bleiben, sind schon sehr unscheinbar geworden. Auf dem hellen Kreise der Zona sieht man zahlreiche Samenthierchen. a. Zellen der Keimscheibe. b. Zona mit Samenthierchen. c. Innerer Eiraum. d. Dotter.

Die Furchung selbst wird durch eine Contraction der ganzen Dottermasse eingeleitet, die sich in den Eiern mit fester Dotter-

haut dadurch zu erkennen giebt, daß die Dottermasse von der Innenfläche der Dotterhaut etwas zurückweicht. Dann spaltet sich der Dotter, indem ein größter Kreis in Gestalt einer Furche sich über den Dotter herüber legt. Die Furche gräbt sich stets tiefer und tiefer ein. Betrachtet man nun ein Säugethierei,

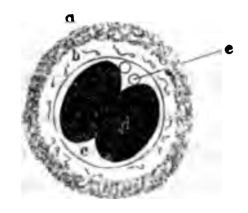


Fig. 78.

Ein Hundeei einige Stunden später. Die Zellen in der Umgebung sind noch mehr geschwunden, der Dotter in zwei Hälften, Furchungskugeln, zerlegt. Zwischen diesen sieht man die ausgetretenen hellen Bläschen.

a. Zellen der Keimscheibe. b. Zona. c. Eiraum. d. Furchungskugeln. e. Helle Bläschen (Richtungsbläschen).

welches in das erste Stadium der Theilung eingetreten ist, unter dem Mikroskope, so erscheint der Dotter aus zwei vollkommen isolirten, von einander getrennten Hälften zusammengesetzt, welche eine eiförmige Gestalt haben und nur durch den Einschluß in der Zona zusammengehalten werden, da sie bei dem Oeffnen des Ei's mittelst einer scharfen Nadel auseinander fallen und sich leicht isolirt untersuchen lassen. Der Dotter hat sich demnach in zwei Hälften getheilt, deren jede wieder in gewisser Beziehung der ursprünglichen Dotterkugel ähnlich ist. Denn eine jede dieser beiden Furchungskugeln enthält wieder in ihrem Inneren ein helles Bläschen, von einer feinen Haut gebildet und mit wasserklarer Flüssigkeit gefüllt, welches einigermaßen dem Keimbläschen ähnlich sieht, jedoch mit dem Unterschiede, daß man meist keine inneren Bildungen darin nachweisen kann, welche etwa dem Keimflecke analog wären. So viel ich und andere genaue Beobachter auch diese hellen Bläschen im Inneren der Furchungskugeln bei Säugethieren und Fröschen untersuchten, so haben wir uns doch bei diesen Thieren nicht von der Existenz kernartiger Gebilde im Inneren derselben überzeugen können, sondern stets nur einen vollkommen homogenen, wasserklaren Inhalt in denselben gesehen. Andere, des Vertrauens nicht minder würdige

Beobachter versichern, im Inneren dieser Bläschen bei verschiedenen Thieren körnige Kerne gesehen zu haben, und wollen nicht nur deren constantes Vorkommen behaupten, sondern auch den ganzen Vermehrungsproceß der Furchungskugeln von diesen Kernen ableiten, indem zuerst der körnige Kern im Inneren des hellen Bläschens doppelt wird, dann das Bläschen selbst in zwei Bläschen zerfällt und um jedes dieser Bläschen sich wieder eine Dotterkugel zusammenballt.

Beobachtet man das Ei einige Zeit später, so sieht man statt zweier Furchungskugeln viele kleinere, meist vollkommen runde kugelförmige Gebilde, deren jedes ebenfalls ein helles Bläschen in seinem Inneren zeigt. Jede dieser Kugeln ist vollkommen isolirt von der anderen und gleicht wieder in ihrer ganzen Bildung, abgesehen von der Größe, der primitiven Dotterkugel. Die Theilung schreitet nun streng gesetzmäßig in einer geometrischen Reihe fort, deren Exponent die Zahl 2 ist. Man



Fig. 79.

Noch einige Stunden später. Die Zellen der Keimscheibe sind ganz verschwunden; der Dotter in zwölf Furchungskugeln zerlegt. a. Zona. b. Eiraum. c. Furchungskugeln.



Fig. 80.

Ein Ei gegen das Ende der Furchung, gesprengt, so daß die mit ihren hellen Kernen ausgestatteten Furchungskugeln austreten. Auf der Seite ein verschwindendes Richtungsbläschen, das körnig geworden ist. a. Zona. b. Eiraum. c. Furchungskugeln. d. Richtungsbläschen.

findet Eier aus 8, 16, 32, 64 u. s. w. Furchungskugeln zusammengesetzt, und jede dieser Furchungskugeln besitzt ein helles Bläschen in ihrem Inneren, und besteht aus einem Aggregat

von körniger Dottersubstanz, welches um dieses Bläschen gruppirt ist. Der einzige Unterschied dieser zahlreicheren Furchungskugeln von den ursprünglichen besteht in ihrem kleineren Volumen und in der geringeren Größe des in ihnen enthaltenen hellen Bläschens. Der Dotter erhält durch diese fortschreitende Furchung und Verkleinerung der Kugeln, die in der Zona eingeschlossen sind, je nach dem Stadium der Furchung die Gestalt einer Traube, einer Maulbeere oder Himbeere. Sobald man indeß das Ei öffnet, gelingt es leicht, die einzelnen Furchungskugeln von einander zu trennen und als selbstständige Elemente darzustellen.

Der Vorgang, wie wir ihn eben an dem Säugethiere dargestellt haben, war schon früher an anderen Thiereiern, namentlich an denjenigen der Frösche, beobachtet worden. Jetzt ist er aus der ganzen Thierwelt bekannt, läßt aber zwei wesentliche Modificationen erkennen, welche indessen durch Uebergänge mit einander verbunden sind. Es konnte nicht fehlen, daß diese merkwürdige Erscheinung, dieses Auftreten eines meist streng numerischen Verhältnisses bei den ersten Lebensäußerungen des Eies, die Aufmerksamkeit der Naturforscher im höchsten Grade auf sich zog. Wenn man nun auf der einen Seite den Vorgang selbst in seinen äußeren Erscheinungen verfolgte und mancherlei beträchtliche Modificationen in demselben entdeckte, so suchte man auf der anderen Seite zu ermitteln, welcher tiefere Grund der Erscheinung zu Grunde liege, und in welcher Beziehung die Furchungskugeln sowohl zu den ursprünglichen Theilen, welche das Ei zusammensetzen, als auch zu den späteren Bildungselementen des Embryos ständen.

Die erste Frage, welche man zu lösen versuchte, war diejenige nach dem Schicksale des Keimbläschens. Dieses in allen Eierstockseiern so constant vorkommende Gebilde war nach der Befruchtung, sobald einmal die Furchung sich einzuleiten begann, nicht mehr zu finden, und auch der körnige Keimfleck oder die vielfachen bläschenartigen Keimflecke ließen sich nirgends entdecken. Auch jetzt herrscht noch über diesen Punkt manches Dunkel, welches aufzuklären späteren Beobachtungen anheimgestellt ist.

Ob die hellen Bläschen, welche sich in den Furchungskugeln zeigen, durch eine Theilung des Keimbläschens hervorgegangen, also directe Nachkommen desselben sind; oder ob das Keimbläschen, so wie es ursprünglich bestand, vor dem Beginne der Furchung zu Grunde gehe und die Kerne der Furchungskugeln frei entstehen, ist noch nicht vollständig erörtert, indem bei manchen Thieren der Theilungsproceß, bei anderen dagegen das Schwinden des Keimbläschens und die Neubildung der Furchungskerne Platz zu greifen scheint. Die Frage läßt sich um so schwerer entscheiden, als es in den Eiern mit totaler Furchung oft schwer hält, zu bestimmen, an welchem Orte das Keimbläschen ursprünglich gelegen habe. Es giebt indeß Thiere, bei welchen die Dottertheilung keine totale ist, sondern wo nur ein mehr oder weniger beschränkter Theil des Dotters an der Furchung Antheil nimmt, der Rest desselben dagegen in seiner ursprünglich formlosen Gestalt zurückbleibt. Dies ist der Fall bei den Vögeln, den Reptilien, den meisten Fischen und den Dintenfischen oder Cephalopoden, während die Eier der übrigen Mollusken, wie die der Säugethiere, der Amphibien, der niedersten Knorpelfische, der Würmer u. s. w. totale Furchung besitzen. Bei den Thieren mit partieller Furchung erhebt sich nur ein Theil des Dotters hügelartig und bildet wulstartige Erhöhungen, in welchen helle Bläschen sich zeigen, die sich mehr und mehr zerspalten, meist aber nach innen hin nur unvollkommen gegen die formlose Dottersubstanz abgegrenzt sind. Die Furchung schreitet in diesem Falle von einem bestimmten Punkte aus allmählich um sich greifend fort, und überzieht, je nach den speciellen Verhältnissen, entweder das gesammte Ei, oder auch nur einen Theil desselben. Hier zeigt es sich nun auf das Deutlichste, daß der Mittelpunkt, von welchem aus die Furchung fortschreitet, an demjenigen Orte liegt, den das Keimbläschen in dem unbefruchteten Eie behauptete, und daß dieser selbe Punkt auch den Mittelpunkt der embryonalen Entwickelung bildet. Ein gleiches Verhältniß findet sich aller Wahrscheinlichkeit nach auch bei den Eiern mit totaler Furchung. Das Keimbläschen zeigt somit in dem unbefruchteten Eie jedes-

mal die Stelle an, von welcher aus die embryonale Entwickelung fortschreitet.

Das Schicksal des einfachen Keimflecks oder der vielfältigen Keimflecke ist ebenfalls noch sehr in Dunkel gehüllt. Dieses Dunkel wird in Beziehung zu dem einfachen körnigen Keimfleck, wie er sich bei den Säugethieren zeigt, auch nur sehr schwer gelichtet werden können. Wenn, wie es in manchen Fällen wahrscheinlich ist, die zarte Haut des Keimbläschens sich auflöst und die in demselben enthaltene Flüssigkeit sich wirklich mit der Dottersubstanz mischt, so wird es mit unseren jetzigen Hülfsmitteln der Untersuchung geradezu unmöglich sein, den Keimfleck unter den zahlreichen körnigen Dotterelementen herauszufinden und wieder zu erkennen. Indessen ist es jetzt durch wiederholte Beobachtungen mehr als wahrscheinlich geworden, daß auch der Keimfleck oder die Keimflecke in durchaus keiner engeren Beziehung zu der Bildung der Embryonalgewebe selbst stehen, und daß sie sogar in einzelnen Fällen schon innerhalb des Keimbläschens sich auflösen, ehe noch dieses selber verschwindet. Offenbar sind Keimbläschen und Keimfleck mehr Theile des werdenden Eies, als wesentliche Organe des fertigen Keimes. Sie sind nöthig zur Entstehung des Eies; sie sind die bedingenden Elemente zur Bildung desselben; ihre Bedeutung nimmt aber ab, je mehr sich das Ei seiner Reife nähert. Das Ei wird erst entwickelungsfähig durch die Befruchtung; damit diese statthabe und erfolgreich sei, ist das Keimbläschen mit seinem Inhalte nicht mehr nöthig. Versuche haben zu klar erwiesen, daß die Befruchtung stattfinden könne, wenn auch schon das Keimbläschen verschwunden und die Einleitung zur Zellenbildung im Ei getroffen ist. Man kann demnach das Keimbläschen mit seinem Keimflecke eher ein Bildungsorgan des Ei's nennen, welches zur Zeit des Reife des Ei's als unnütz geworden eingeht, wie so manche Organe, im werdenden Thiere von großer Wichtigkeit, bei der späteren Entwickelung eingehen.

Mit der Einleitung der Furchung ist immer eine bedeutende innere Molecularbewegung des Ei's gegeben, die sich besonders

durch eine bedeutende Zusammenziehung ausspricht. Begreiflicher Weise ist diese Zusammenziehung um so bedeutender, je tiefer die Furchung in das Ei selbst eingreift, und bei den Eiern mit vollständiger Furchung greift sie so weit ein, daß Tröpfchen der flüssigen Dottersubstanz aus dem Furchungspole herausgepreßt werden. Man glaubte, als man mit dieser Erscheinung noch nicht vollständig vertraut war, auch hier einen bedeutenden Einfluß dieser Richtungsbläschen (s. Fig. 78, S. 541), wie man sie nannte, annehmen zu müssen, konnte sich aber später überzeugen, daß ihre Gegenwart eben nur jene bedeutendere Concentration der Dottermassen, die sich zur Furchung anschickten, anzeigte. Es verschwinden diese Bläschen spurlos in der Flüssigkeit, welche die Furchungskugeln umgiebt.

Die sämmtlichen Vorgänge, welche bis zur Einleitung des Furchungsprocesses innerhalb des Ei's selbst stattfinden, das Verschwinden des Keimfleckes und des Keimbläschens, die Zusammenziehung der Dottermasse und das Auspressen eines Theiles ihrer Flüssigkeit zielen demnach darauf hin, aus dem Dotter selbst ein einförmiges, homogenes Bildungsmaterial zu schaffen, aus welchem heraus der Embryo mit seinen verschiedenen Organen sich aufs Neue differenziren könne. Mit den äußeren Erscheinungen gehen innere Veränderungen Hand in Hand, die zuerst nur durch die concentrirende Molecularbewegung sich kund geben, später aber auch da sichtlich in die Augen treten, wo Dotterelemente vorhanden sind, deren Veränderungen mit den Augen aufgefaßt werden können. Die Veränderungen schreiten später bei der weiteren Entwickelung der Furchungskugeln und der aus ihnen hervorgehenden Embryonalzellen freilich noch rascher fort; sie beginnen aber schon bei dem ersten Aufleben der inneren Bildungsvorgänge, und bestehen, wenn ich mich so ausdrücken darf, in einer allmählichen Reduction und Verfeinerung der anfänglich gröberen Dotterelemente. Die Oeltropfen, die Körner, die festeren fettigen oder eiweißartigen Körper, welche sich innerhalb der Dottersubstanz vieler Thiere finden, verkleinern sich allmählich und verflüssigen sich mehr und

mehr, so daß nach beendigtem Vorgange dieser Art das Bildungsmaterial weit heller und durchsichtiger geworden ist. Meist unterscheidet man in den Eiern die Embryonalanlage auf den ersten Blick durch ihre größere Durchsichtigkeit von der übrigen Masse. Diese innere Durchbildung hängt von dem Dotter selbst und nicht von dem entstehenden Embryo ab, denn sie findet auch da statt, wo das Bildungsmaterial des Dotters einen abnormen Weg der Entwickelung einschlägt. Bei gewissen Würmern hat man beobachtet, daß es vielleicht von zufälligen Umständen abhänge, ob ein einziges Ei, eine einzige Dotterkugel sich durch Spaltung in mehrere Theile theilt, deren jeder einen vollständigen Embryo hervorbringt. Bei vielen Mollusken, deren Dotterkugeln, von keiner Haut umgeben, in einer gemeinschaftlichen Hülle gelegt werden, hängt es wieder von einzelnen Umständen ab, ob mehrere dieser Dotterkugeln sich zur Bildung eines einzigen Embryos vereinigen, oder ob sie isolirt bleiben. So reißen sich auch oft von dem Dotter der Molluskeln einzelne Theile los, welche selbstständig sich zu Elementargebilden entwickeln, die in keiner Beziehung zu dem Embryo selbst stehen.

Kehren wir zu den Furchungskugeln zurück, um deren weiteres Schicksal zu erforschen, so sehen wir ihre Zahl immer größer, ihren Umfang immer geringer werden. Aus der geometrischen Reihe mit dem Exponenten zwei, welche durch diese Vermehrung gebildet wird, geht schon hervor, daß jede bestehende Furchungskugel sich in zwei kleinere Kugeln theilen, und eine jede dieser kaum entstandenen Furchungskugeln wieder neue Theilungsfähigkeit besitzen müsse. Es fragt sich aber, von welchen Bildungselementen der Furchungskugeln diese stets erneuerte Spaltung in zwei Hälften ausgehe, ob es das helle centrale Bläschen sei, welches auf irgend eine Weise sich theile und hernach als Anziehungsmittelpunkt diene, um welchen herum die einzelnen Dotterelemente sich in Form von Kugeln gruppiren, oder ob vielmehr in der formlosen Dottersubstanz selbst diese Tendenz zu kugelförmiger Gruppirung liege, und erst secundär in den vorgebildeten Kugeln das helle Bläschen sich entwickele.

Eine ausreichende Antwort läßt sich nach den bis jetzt vorhandenen Beobachtungen auf diese Fragen nicht geben. Einerseits läßt sich durchaus nicht daran zweifeln, daß man zuweilen, namentlich bei gewissen Thieren, Furchungskugeln antrifft, welche zwei helle Kerne oder sogar einen biscuitförmigen Kern enthalten, so daß man hier unmittelbar durch die Beobachtung darauf hingewiesen wird, das Primitive der Vermehrung in der Theilung des Kernes, mag dieser nun eine zähflüssige Masse oder ein Bläschen sein, zu suchen. Um den so getrennten und in zwei Hälften auseinander weichenden Kern würde sich die Dottermasse wieder neu in zwei Kugeln gruppiren. Auf der anderen Seite stehen eben so wohl constatirte Beobachtungen, nach welchen man schuhsohlenförmige Furchungskugeln gesehen hat, wo nur in der einen Hälfte ein Kern sich befand, wo also die Furchungskugel sich theilte, ohne daß der Kern die Einleitung dazu gab. Wahrscheinlich ist es demnach, daß eben so wenig, wie für andere Organtheile, auch hier eine einheitliche Art der Vermehrung angenommen werden dürfe, und daß man bald die eine, bald die andere Entstehung in der Natur gegeben finde.

Die genauere Feststellung dieser Verhältnisse erscheint besonders deshalb von Wichtigkeit, weil der Furchungsproceß die Einleitung darstellt zu der Bildung der Elementartheile, aus welchen der Embryo sich aufbaut. Der Embryo selbst besteht zu einer gewissen Zeit seiner ganzen Masse nach aus Zellen, d. h. aus bläschenartigen Gebilden, welche in ihrem ganzen Verhalten denjenigen Elementartheilen gleichen, aus welchen das Gewebe der Pflanzen aufgebaut ist. Erst aus diesen ursprünglichen Elementarzellen, welche den Embryo zusammensetzen, entstehen die einzelnen so mannigfaltigen Gewebtheile, aus welchen die Organe des Erwachsenen gebildet sind. Die Erkenntniß dieser ursprünglichen Uebereinstimmung in der Structur der Pflanzen und Thiere ist eines der schönsten Resultate, welches die neuere Wissenschaft zu Tage gefördert hat. Sie ist der Ausgangspunkt gewesen zu den fruchtbarsten Arbeiten im Felde der mikroskopischen Forschung und läßt auch jetzt noch die weitsichtigsten Ergebnisse

erwarten. Die ganze embryonale Entwickelung beruht auf dem Leben der Zellen, auf deren Entstehung und allmählicher Ausbildung, und jede Thatsache, welche auf diese Entstehung und auf die Function der Zelle im Allgemeinen Bezug hat, ist deshalb von der größten Wichtigkeit. Die Geschichte der Entstehung und Vermehrung der Furchungskugeln ist zugleich die Entstehungsgeschichte der thierischen Zellen im Allgemeinen, denn die Furchungskugeln sind nur werdende Zellen und bilden sich augenblicklich zu wirklichen Zellen aus, sobald sie durch fortschreitende Theilung diejenige Größe erreicht haben, welche die Elementarzellen des Embryos besitzen sollen. Da alle Organe des Embryo ohne Ausnahme ursprünglich aus wahren Zellen zusammengesetzt sind, so wird es, um unnöthige Wiederholungen zu vermeiden, hier ersprießlich sein, das Leben der Zellen im Allgemeinen, ihre Entstehung, Fortbildung und endliches Schicksal darzustellen, und in kurzen Umrissen die Zellentheorie so zu geben, wie der heutige Stand der Wissenschaft dieselbe ausgebildet hat.

Die Furchungskugeln haben wir in dem Vorhergehenden als kugelige Körper kennen gelernt, deren Substanz um ein Bläschen als Mittelpunkt gruppirt ist. Diese Substanz, welche stets einen gewissen Halt hat und meistens sogar noch größere Festigkeit besitzt als die ursprüngliche Dottersubstanz, wird in ihrer kugeligen Form durch ihre eigene Zähigkeit, nicht aber, wie man etwa glauben könnte, durch Umhüllung mit einer besondern Membran erhalten. Man hat viel und oft über diese Existenz von umhüllenden Membranen an den Furchungskugeln gestritten, dabei aber vergessen, daß man sich besonders in dem Fall nicht einigen konnte, wo man von Furchungskugeln verschiedenen Alters sprach, indem die anfänglich hüllenlosen Kugeln sich allerdings zu einer gewissen Zeit mit einer Membran umkleiden. Die gelatinöse Grundsubstanz, in welcher die Körnchen der Dottermasse und der Masse der Furchungskugeln zerstreut sind, verdichtet sich allmählich an der Peripherie der Furchungskugel und erhärtet endlich zu einer structurlosen einfachen Membran, deren Existenz und bestimmte Abtrennung von dem Inhalte um so leichter nach-

gewiesen werden kann, je längere Zeit die Membran bestanden hat. Man kann sich den Vorgang dieser Erhärtung etwa versinnlichen, wenn man die Bildung einer festeren geronnenen Schicht auf gekochtem Leim z. B. ins Auge faßt. Auch hier läßt sich im Anfang nur erkennen, daß an der Oberfläche unter dem Einflusse der Luft eine consistentere Schicht sich gebildet hat, die allmählich in die innere flüssige Masse übergeht und sich von dieser nicht scheiden läßt; nach und nach gerinnt diese Schicht zu einem einfachen Häutchen, das man trennen und abziehen kann. Ganz so verhält es sich auch mit den Furchungskugeln. Je kleiner diese werden, desto bestimmter spricht sich die Trennung zwischen umschließender Haut und innerer, eingeschlossener Substanz aus. Ist diese Trennung einmal nachweisbar vollendet, so nennen wir die Gebilde, die wir vor uns haben, Zellen, und wir erkennen dann gewisse Lebenserscheinungen, welche ihren Sitz hauptsächlich in der die Zelle einschließenden Membran oder in der Zellenwand haben.

Indem wir die allmähliche Bildung der Furchungskugeln und die Ausbildung der Zellenwand verfolgten, haben wir zugleich die Entstehungsgeschichte der Zelle selbst kennen gelernt, sowie deren einzelne Theile bezeichnet. Alle aus Furchungskugeln hervorgegangenen Zellen, und da diese es sind, welche den Embryo zusammensetzen, alle primitiven Embryonalzellen werden aus folgenden Theilen gebildet.

1) Aus einer äußeren umhüllenden, structurlosen Membran, der Zellenwand, welche die Form eines kugeligen Bläschens besitzt und durch Condensirung der peripherischen Schicht einer Furchungskugel entstanden ist.

2) Aus einem mehr oder minder flüssigen oder weichen körnigen Inhalt, gebildet von der ursprünglichen Dottersubstanz, welche nach ihrer Gruppirung in kugeliger Form von der allmählich an der Peripherie sich verdichtenden Zellenwand umschlossen wurde, und

3) endlich aus einem inneren hohlen, mit wasserheller Flüssigkeit gefüllten Bläschen, dem Kerne, der ursprünglich in der

Mitte des Körnerhaufens sich befindet, und zuweilen, wenn auch nicht in allen Fällen, ein körniges Kernchen umschließt.

Welches Gebilde bei dem beschriebenen Vorgange der Zellenbildung aus Furchungskugeln das primäre sei, ob der körnige zur Kugel geballte Inhalt, das in demselben eingeschlossene Bläschen, der Kern, oder das in dem Kerne gelegene Kernchen, kann vor der Hand noch nicht mit Sicherheit ausgemacht werden. So viel ist aber festgestellt, daß die Zellenwand eine secundäre Bildung um die vorher bestehende Substanzkugel mit ihrem Kerne ist, und daß fast in allen Fällen sich die drei integrirenden Bestandtheile: Kern, Inhalt und Zellenwand, deutlich in diesen primitiven Embryonalzellen unterscheiden lassen. Es fragt sich aber, ob alle Zellen des Thierkörpers auf eine und dieselbe Weise entstehen.

Als man die große Idee von der primitiven Zellenbildung aller thierischen Gewebe zuerst aufstellte, glaubte man nach den vorhandenen, besonders an Pflanzen angestellten Beobachtungen ein allgemeines Schema der Zellenbildung geben zu müssen. Von dem Grundsatze ausgehend, daß gleichartige Dinge auch auf gleiche Weise entstehen müßten, behauptete man die Allgemeinheit dieses Schemas für alle Zellen ohne Ausnahme. Die innere Nothwendigkeit der gleichartigen Entstehungsweise aller Zellen ist indeß damit durchaus noch nicht dargethan, daß man in bläschenartigen Gebilden, welche sehr verschiedener Form, verschiedenen Inhalts und verschiedenen Endschicksals sein können, Lebenserscheinungen nachweist, welche uns berechtigen, dieselben unter einem gemeinsamen Begriffe, demjenigen der Zelle, zusammenzufassen. Wenn Jemand behaupten wollte, daß alle Thiere auf die gleiche Weise entstehen müßten, so würde man eine solche Ansicht eben einfach mit Hinweisung auf die Erfahrung zurückweisen, die uns mehrfache Entstehungsarten der Thiere kund giebt, und wenn Jemand, um ein näher liegendes Beispiel zu wählen, den Satz aufstellte, daß alle verschiedenen Arten von Fasern, welche sich in den thierischen Geweben finden, auch wirklich in gleicher Weise entstanden sein müßten, so würde man sich

ebenfalls genöthigt sehen, mit Hindeutung auf die Erfahrung ihn zurückzuweisen. Ganz so verhält es sich auch mit den Zellen; wenn wir auch eine gewisse Gruppe von Elementartheilen Zellen nennen und diese Zellen in gewissen Punkten mit einander übereinstimmen, so können dieselben doch in anderen Verhältnissen von einander abweichen, und jetzt schon beweist uns die Erfahrung, daß es Entstehungsweisen von Zellen giebt, welche von der oben beschriebenen in ihrem Mechanismus durchaus verschieden sind.

Nach der von dem Begründer der Zellentheorie zuerst aufgestellten Ansicht sollten sich die Zellen bei den Pflanzen und Thieren in folgender Weise bilden und vermehren. In der formlosen, körnigen Grundsubstanz, die man an vielen Orten in werdenden Gebilden findet, und welche man Cytoblastem (Zellenbildungsstoff) nannte, sollte ein besonderes Körnchen sich vergrößern und einen Anziehungspunkt, ein Kernchen (Nucleolus) bilden, um welchen herum die Körnchen der Grundsubstanz sich zu einem rundlichen oder linsenförmigen Körper, einem Kerne (Nucleus) gruppirten. Auf der einen Seite dieses Kernes sollte sich nun eine membranartige Schicht niederschlagen, welche anfangs dem Kerne eng anliege, allmählich wüchse, sich ausdehne und zu einem Bläschen entwickele, an dessen innerer Seite der Kern dann anhängend gefunden werde. Dieses Bläschen, die entstehende Zellenwand, sollte anfänglich etwa in einem Verhältnisse zu dem Kerne stehen wie das Uhrglas zu dem Körper einer Uhr, und erst durch das allmähliche Eindringen flüssigen Inhalts sollte dies Bläschen sich vergrößern und nach und nach die Größe erhalten, welche es in gewöhnlichen Zellen besitzt, wo der Kern nur in unbedeutendem Verhältnisse zu der Zelle steht. Es ist klar, daß bei dieser Annahme der Zellenbildung anfänglich nur flüssiger Inhalt durch Endosmose in das Innere der Zelle gelangen konnte, und in der That hielt man auch die häufig in dem Zelleninhalte befindlichen Körnchen für Producte späteren Niederschlags.

Die Bildungsweise der Zellen aus den Furchungskugeln beweist schon eine durchaus verschiedene Entstehungsweise der ersten thierischen Zellen. Betrachtet man das primitive Ei als eine Zelle, so besteht die Vermehrung in einer Theilung des zähen Zelleninhaltes, die so weit fortschreitet, bis diese Klumpen sich mit Zellenhäuten umgeben und selbst Zellen werden, ohne daß sich die ursprüngliche Zellenwand der Eizelle, die Dotterhaut, daran betheiligte.

In der That haben auch die Untersuchungen der Neuzeit bewiesen, daß der wesentlichste Bestandtheil der Zelle der zähe, körnige Inhalt, des sogenannte Protoplasma, die organische Grundsubstanz sei. Diese Substanz bildet für sich allein die niedersten Organismen, welche man weder den Pflanzen, noch den Thieren mit Sicherheit zuzählen kann; sie besitzt alle wesentlichen Eigenschaften, die zum Leben nöthig sind, Beweglichkeit, Fähigkeit der Zusammenziehung, des Austausches mit den umgebenden Medien, und alle übrigen Theile der Zelle, Kern, Kernkörperchen und Zellenwand, sind nur secundäre Differenzirungen dieser Substanz. Man hat jetzt eine ganze Reihe von Bildungen und Bildungselementen niederer und höherer Thiere kennen gelernt, welche dadurch mit den Furchungskugeln übereinstimmen, daß jede Spur einer äußeren Umhüllungshaut fehlt und nur ein Ball oder Klumpen von Protoplasma vorhanden ist, welcher bald an und für sich besteht, bald um einen Mittelpunkt, einen Kern, herumgelagert ist, und man hat diese Bildungselemente, die sich in wirkliche Zellen umwandeln können durch Umformung einer Haut, Cytoden genannt. Es unterliegt also jetzt keinem Zweifel mehr, daß die Zelle nicht zu allen Zeiten in jenes starre Schema paßt, welches man anfänglich für sie aufstellen zu müssen glaubte; daß sie schon eine Weiterbildung ist, die von einfacheren Urzuständen, Protoplasma-Klumpen und Cytoden, ausgehen kann, und daß sie in vielen Fällen nur eine Durchgangsstufe darstellt, indem aus ihr weitere Formelemente, Fasern, Röhren u. s. w. sich entwickeln.

Daß bei dieser auf Thatsachen begründeten theoretischen Anschauung die Möglichkeit gegeben ist, aus jedem organischen ungeformten Stoffe Neubildungen von Formelementen, von Cytoden und Zellen hervorgehen zu lassen, leuchtet ein; daß wirklich solche Neubildungen vor sich gehen bei krankhaften Processen, ist in der Neuzeit auf das Schlagendste nachgewiesen worden.

Wir beobachten in den Zellen eine Menge eigenthümlicher Erscheinungen, welche hauptsächlich dem Protoplasma, dem Zelleninhalt und der Zellenwand angehören und darauf hinführen, die Zelle gleichsam als einen für sich bestehenden Organismus anzusehen, der ein eigenthümliches Leben besitzt, welches sich durch Wachsthum in bestimmten Richtungen, durch Veränderungen der im Inneren enthaltenen Gebilde, durch Aufnahme und Abgabe gewisser Stoffe, endlich sogar manchmal durch Bewegungserscheinungen und durch einen bestimmten Lebenscyclus kund giebt, in Folge dessen die Zelle entsteht, sich ausbildet, in andere Elementartheile übergeht, oder auch der endlichen Auflösung anheimfällt. Freilich entwickelt sich eine jede Zelle nach dem Typus des Organismus, welchem sie angehört, und in Beziehung zu dem Organe, von welchem sie einen Theil ausmacht; allein ihr Leben ist dennoch in manchen Beziehungen unabhängig von der Existenz dieses Organismus, und kann oft eine Zeit lang auch ohne den Zusammenhang mit demselben fortbestehen. Ich weiß kein besseres Bild zur Versinnlichung des Lebens eines aus Zellen zusammengesetzten Organismus, als die Vergleichung mit einem Bienenstocke. Jede Arbeiterbiene ist durch ihren Instinct, durch die Organisation ihres gesammten Körpers darauf angewiesen, die Honigkuchen nach einer bestimmten Norm zu verfertigen und aufzubauen. Jede derselben ist an ihren Stock gefesselt und baut nur dann in diesem Stocke, wenn ihre Königin darin weilt. Trotz dieser Unterordnung unter das Ganze ist dennoch jede Biene frei, den Honig, das Wachs, kurz alle nöthigen Materialien da zu holen, wo es ihr gefällt, und in solcher Menge herbeizubringen, als sie zweckmäßig findet. In gewisser Weise ähnlich verhalten sich auch die Zellen, welche einen werdenden

Organismus bilden. Sie entwickeln sich nach bestimmten Normen, die dem Typus, welchem der Organismus angehört, entsprechen; allein in diesem Streben, in diesem Zusammenwirken zur Bildung des Ganzen führt eine jede Zelle ein mehr oder weniger beschränktes individuelles Leben, das je nach besonderen Verhältnissen modificirt werden kann.

Von wesentlicher Wichtigkeit für das Leben der Zellen sind die Veränderungen, welche wir im Inneren derselben erfolgen sehen, die Umwandlungen, welche der Inhalt selbst erfährt; Erscheinungen, die theils von diesem Inhalte selbst, theils von der Zellenwand auszugehen scheinen. Schon die einfachen endosmotischen Processe, welche bei allen thierischen Membranen vorkommen, zeigen sich auch bei den Zellen, die in nicht concentrirten Flüssigkeiten aufschwellen und selbst bersten, in concentrirten dagegen durch Abgabe von Flüssigkeiten einschrumpfen und sich runzeln; allein außer diesen Phänomenen kommt der Zellenwand auch noch eine eigenthümliche Einwirkung auf die Flüssigkeiten zu, von denen die Zelle umspült wird. Wir haben schon bei der Betrachtung der Absonderungsthätigkeit die Frage besprochen, ob die in den Drüsengängen vorhandenen Zellen die Secretionsstoffe in sich erzeugen, oder sie nur einfach aus der allgemeinen Ernährungsflüssigkeit aufnehmen. Wir haben uns für die letztere Annahme erklärt für einige Fälle aus dem Grunde, weil man einzelne Secretionsstoffe im Blute nachweisen kann; zu gleicher Zeit aber zeigten wir, daß diese Anziehungskraft für einzelne Stoffe, welche die Zellenwand besitzt, von der Fähigkeit, diese Stoffe neu zu bilden, nur sehr wenig abstehe, und daß diese Bildung von Stoffen in der That in anderen Fällen stattfinde. Jede Zelle ist so gleichsam ein specifisches Filtrum wie ein besonderer Bildungsheerd für gewisse Stoffe, und zeigt ihre Lebensthätigkeit eben darin, daß sie in einer Auflösung verschiedenartiger Stoffe nur diejenigen anzieht und in sich hinein filtrirt, welche ihrer Natur nach zu der Zellenwand in einem gewissen Verhältniß stehen und zu der Bildung des specifischen Zelleninhaltes beitragen. So ziehen die Blutkörperchen aus dem

Blute allen Blutfarbstoff an sich, die Nierenzellen aus demselben Blute den Harnstoff, die Leberzellen den Zucker und den Gallenfarbstoff — alles Stoffe, welche man im normalen Zustande nur in diesen Zellen findet und die oft nur in unbestimmbarer Menge in dem Blute enthalten sind.

Nicht nur bei dieser Aufnahme besonderer specifischer Stoffe zeigt sich aber die Zellenwand besonders interessirt, sondern auch bei manchen anderen Erscheinungen. So geht die allmähliche Verflüssigung des Inhaltes bei den mit grobkörnigem Gehalte versehenen Zellen stets von der Zellenwand aus; die Körner verschwinden zuerst in der Nähe derselben, so daß platte Zellen wie ein Ring aussehen, der mit einem hellen Rande umgeben ist, und zuletzt erst lösen sich diejenigen Körner auf, welche den Kern umgaben. Der Niederschlag von körnigen Massen in Zellen mit anfänglich flüssigem Inhalt geht den umgekehrten Weg; zuerst sammeln sich die Körner um den Kern und allmählich nur nähern sie sich der Peripherie. Oft verdicken sich die Zellen in der Art, daß sich allmählich neue Schichten an die Zellenwand anlegen; die Zellenwand selbst leistet mit dem Alter größeren Widerstand gegen chemische Reagentien, löst sich z. B. schwerer in Essigsäure auf. Alle diese Thatsachen beweisen, daß die Zellenmembran in den Lebenserscheinungen der Zellen eine bedeutende Rolle spielt.

In gewissen Zellen erreicht die Zelle den höchsten Grad der Ausbildung, indem sie wirklich Contractilität erhält und bewegungsfähig wird. Die Wimpern der Flimmerzellen sind nur Ausfaserungen der Zellensubstanz, welche beweglich werden. Die Unabhängigkeit solcher Wimperzellen kann so weit gehen, daß sie förmlich sich losreißen und frei umher bewegen, wie man dies namentlich bei den Wimperzellen von Schneckenembryonen beobachtet hat. Von dieser freien Beweglichkeit der Wimperzellen zu der gänzlichen Befreiung der Zellen ist nur ein Schritt, der in der That in der Natur auch gethan scheint. Schon die oben erwähnten losgerissenen Wimperzellen gleichen so vollkommen manchen Infusorien, daß ihr Entdecker sie wirklich als Thiere betrachten wollte. Die neueren Untersuchungen haben nun gelehrt,

daß es in der That manche niedere Wesen (Thiere? Pflanzen?) giebt, welche wie schon oben bemerkt nur aus Protoplasma, aus einer oder mehren Cytoden oder auch nur von einer einzigen Zelle gebildet werden, so daß alle diese verschiedenen Entwickelungsstufen der Zelle also nicht nur Bewegung, sondern auch Empfindung besitzen. Der wunderbare Urschleim, Bathybius genannt, der in riesigen Massen auf dem Grunde des Meeres angehäuft ist, bildet ein durchaus formloses Protoplasma; die meisten sogenannten Moneren, die man neuerdings unterschieden hat, bestehen aus Cytoden; die Gregarinen und manche andere mikroskopische Organismen sind Zeitlebens nichts anderes als eine einfache Zelle. Andere Thiere sind nur während einer gewissen Zeit auf dieser Stufe der Bildung, über die sie sich später hinausschwingen. So sind die meisten sogenannten beweglichen Keimschläuche, deren wir oben bei der Ammenzeugung gedachten, Anfangs nur einfache thierische Zellen, welche in ihrem Inneren die Brut der Jungen erzeugen. Das Ei endlich ist in seinem ursprünglichen Zustande ebenfalls nichts anderes als eine Zelle: der Keimfleck das Kernchen, das Keimbläschen der Kern, der Dotter der Inhalt, die Dotterhaut die Zellenwand. Es zeigt sich aber in diesen Verhältnissen, die wir nur andeuten können, wieder recht deutlich die allmähliche Unterordnung der Zelle unter das Ganze des Organismus. Bei den niedersten Thieren ist die Zelle oder die zu der Zelle selbst führende Bildungsstufe selbst der Gesammtorganismus; eine Stufe höher bildet die Zelle den Organismus nur während einer Uebergangsperiode, besitzt aber auch dann noch alle animalischen Functionen, Empfindung und Bewegung, wenn gleich in sehr unausgebildetem Zustande; noch weiter aber ist der Organismus ursprünglich eine unbewegte Zelle, dann ein Haufen von Protoplasma-Kugeln, Cytoden oder ein Zellenhaufen, dessen einzelne Glieder sich trennen, Bewegung erhalten und eine Zeit lang ein eigenes Leben führen können; endlich bei den höchsten Thieren wird die Eizelle nicht beweglich, aus dem späteren Zellenhaufen können sich die einzelnen Elemente nicht loslösen, um ein selbstständiges Leben während einiger

Zeit zu führen, und die Bewegung wird nur einzelnen bestimmten Zellen zuertheilt, während die meisten durch Metamorphosen ihrer ursprünglichen Natur entfremdet und in andere Gewebtheile übergeführt werden, die mehr noch als die einfache Zelle von dem Organismus im Ganzen abhängig sind.

Diese Umwandlungen der Zellen im Einzelnen zu verfolgen, würde uns hier zu weit führen. Es kommen dieselben zu Stande theils durch einseitiges Auswachsen nach verschiedenen Richtungen, wodurch geschwänzte, birnförmige, spindelförmige, cylindrische Gestalten erzeugt werden, die endlich in solide Fasern sich spalten oder auch durch Aneinanderwachsen in Röhren sich umwandeln; theils auch durch äußere oder innere Anlagerung von Schichten und Fasern, und theils wieder durch Aufnahme verschiedener Stoffe, Auflösung der Wände, der Kerne und dergleichen mehr. Alle diese Verwandlungen bieten einen großen Reichthum an Erscheinungen dar; sie sind in jedem Gewebe anders, und ich müßte die mikroskopische Anatomie sämmtlicher einzelner Organe und die Entstehungsgeschichte der einzelnen Gewebtheile darstellen, wenn ich alle diese Metamorphosen näher berühren wollte, die im Ganzen darauf hinauslaufen, die selbstständigen Lebenserscheinungen, welche die Zelle zeigte, zu vernichten und dieselbe ganz dem allgemeinen Leben des Organismus unterzuordnen.

Mit dieser Vernichtung des speciellen Zellenlebens im Organismus gewinnen aber die außerhalb der Zelle befindlichen Stoffe eine größere Bedeutung. Die Zellen sind, bei den Thieren sowohl wie bei den Pflanzen, durch eine formlose, bei ersteren mehr flüssige Substanz mit einander verbunden, die sogenannte Intercellularsubstanz. Bei den Pflanzen spielen ferner die Intercellularräume eine große Rolle, leere Räume, welche sich zwischen den einzelnen Zellen hinziehen und meist mit circulirendem Safte gefüllt sind. Diese Substanzen und Räume zwischen den Zellen bekommen bei den Thieren größtentheils erst dann ihre Wichtigkeit, wenn die Zellennatur der Gewebe durch die späteren Metamorphosen zu schwinden beginnt. Die größeren Blutgefäße nämlich, die Drüsengänge ohne Ausnahme, sind ihrer

Entstehung nach nur Intercellularräume, entstanden durch das Auseinanderweichen ursprünglich compacter Zellenmassen, und das Blut, wie die verschiedenen Secretionsflüssigkeiten, sind, ihrem Ursprunge nach, nur flüssige Intercellularsubstanz. Wir werden bei der Bildung der Blutgefäße, bei der Entstehung der Drüsengänge näher hierauf eingehen und namentlich sehen, daß die Circulation des Blutes erst dann in ihre, für den Körper so wichtige Stelle eintritt, wenn die ursprüngliche Zellenstructur des Embryo untergeht, und daß die Anlagen der Organe ganz ohne Intervention der Circulation sich aus Zellen aufbauen, welchen in der ersten Zeit alle Functionen zukommen, die später durch die Blutflüssigkeit vermittelt werden.

Zweiundzwanzigster Brief.

Das Ei und seine Hüllen in der Gebärmutter.

Wir haben in dem vorigen Briefe das Ei bis zu dem Augenblicke verfolgt, wo die Furchungskugeln, auf ihren kleinsten Durchmesser reducirt, sich mit Membranen umgaben und so als wirkliche Zellen hinstellten. Die Dottermasse im Ganzen hat in diesem Momente, wo das Ei in den Uterus eintritt, ihre ursprüngliche kugelige Gestalt wieder gewonnen, und nur die warzenartigen Erhöhungen auf der Oberfläche deuten bei dem unverletzten Eie darauf hin, daß der Dotter auf diesem letzten Stadium der Furchung noch aus kugeligen Elementen zusammengesetzt sei. Sobald die Furchungskugeln sich einmal in Zellen umgewandelt haben, treten bald die Functionen der Zellenwände auf, wodurch die äußere Structur der Zellen und die Natur ihres Inhaltes verändert wird. Die Zellen der Säugethiereier drängen mehr und mehr nach der Peripherie, während im Inneren Flüssigkeit sich ansammelt und das Ei durch Einsaugung von außen an Umfang zunimmt. Die Zellen haften zugleich durch ihre Oberfläche fester an einander, wie wenn sie mittelst einer lebenden Intercellularsubstanz an einander geleimt wären. Sie zerfallen nicht mehr bei dem Oeffnen des Ei's, wie früher die Furchungskugeln, sondern bilden nun eine zusammenhängende, hautartige Ausbreitung, in welcher sie sich durch den gegenseitigen Druck abplatten und sechseckige Gestalten annehmen, so daß eine solche Zellenlage,

von der Fläche aus gesehen, etwa das Ansehen eines alten Fensters bietet, in welchem kleine sechseckige Scheiben durch Bleistäbe mit einander verbunden sind. Dieses Hindrängen der Zellen nach der Peripherie erreicht seinen endlichen Gipfelpunkt in der Bildung der erwähnten hautartigen Ausbreitung, welche der inneren Fläche der Zona hart anliegt und aus den schönsten sechseckigen plattgedrückten Pflasterzellen besteht, die man sehen kann. Jede dieser Zellen hat einen centralen hellen Kern, das ursprüngliche helle Bläschen der Furchungskugel. Der körnige Inhalt ist anfangs gleichmäßig in der Zelle vertheilt, bald aber beginnt die allmähliche Aufsaugung dieser dunkleren Körnchen von der Zellenwand her, und da die Zelle selbst abgeplattet ist, so zeigen sich die am längsten persistirenden Körner in Gestalt eines Ringes körniger Substanz, welcher um den hellen Kern gruppirt ist.

Während diese Veränderungen in den Zellen selbst vorgehen, hat sich das Ei durch Aufnahme von Flüssigkeit in das Innere mehr und mehr vergrößert und die Zona selbst in bedeutendem Grade ausgedehnt. Wenn die Zona anfangs unter dem Mikroskope als ein verhältnißmäßig sehr dicker, glänzender Ring erschien, der sich um die Dotterkugel legte, so zeigt sie sich jetzt, wo das Ei in dem Uterus befindlich ist, als eine zarte Membran, die so dünn ist, daß sie keine doppelten Contouren mehr bemerken läßt. Durch diese allmähliche Ausdehnung der Zona, welche sich während des Furchungsprocesses ausbildete, durch die Umwandlung der Furchungskugeln in Zellen und die Anlagerung dieser Zellen

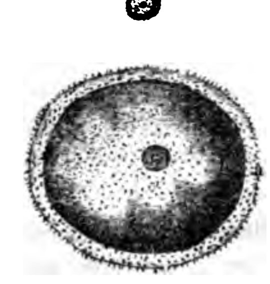


Fig. 81. Ein Hundeei aus dem Uterus, in natürlicher Größe und vergrößert. Das Ei besteht aus zwei ineinander geschachtelten häutigen Blasen — die äußere, die übermäßig ausgedehnte Zona, ist mit den Anfängen der Zotten besetzt und wird von nun an das Chorion genannt; die innere oder Keimblase ist durch einen Zwischenraum vom Chorion getrennt. Man sieht in der Mitte die dunkle Zellenanhäufung (Fruchthof), wo der Embryo sich entwickelt.

a. Zottige Zona. b. Keimblase. c. Fruchthof.

zu einer continuirlichen peripherischen Schicht, zu einem Hautsacke, welcher eine helle Flüssigkeit einschließt, hat das Ei in dem Uterus eiu durchaus verändertes Ansehen bekommen. Es ist fast durchsichtig, von der Größe eines Stecknadelkopfs und aus zwei dünnen, in einander geschachtelten Membranen zusammengesetzt, von welchen die äußere, structurlose, die sehr verdünnte Zona darstellt, welche jetzt Chorion heißt, während die innere aus den zusammengebackenen Zellen besteht. Wir nennen diese innere aus Zellen zusammengesetzte Membran die Keimblase, oder noch besser, um Verwechslung mit den Keimbläschen zu verhüten, die Keimhaut, indem in dieser Zellenausbreitung die ersten Embryonalbildungen sich entwickeln.

Das Ei des Meerschweinchens, welches überhaupt manche sonderbare Eigenthümlichkeiten vor anderen Säugethieren voraus hat, zeichnet sich auch dadurch besonders aus, daß seine äußere Hülle, die Zona, in der Gebärmutter gänzlich verloren geht, so daß das Ei dann nur einen einfachen Zellenkörper darstellt, der mit der Schleimhaut der Gebärmutter selbst verwächst, ohne daß sich eine äußere Hülle um ihn herum bildete.

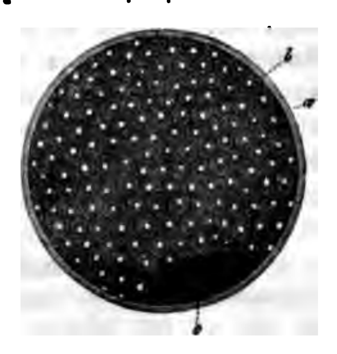


Fig. 82.

Kaninchenei aus dem Uterus. a. Die Zona. b. Die Keimblase oder Keimhaut, aus sechseckigen Zellen bestehend. c. Der Haufen noch unverbrauchter Zellen.

Von Anfang an, sobald einmal die Keimhaut in der ganzen Peripherie des Ei's gebildet ist, erkennt man, daß nicht alle

Zellen zur Bildung derselben verwendet wurden, sondern daß an einem gewissen Orte noch Material in dunklen Zellen angehäuft ist, welches einen rundlichen, unbestimmt begrenzten Haufen an der inneren Wand der Keimhaut bildet. Während in den abgeplatteten Zellen der Keimhaut die dunklen Körnchen bis auf eine Ringschicht um den Kern verschwunden sind, zeigen sich in dieser Anhäufung die Zellen noch in ihrer ursprünglichen Form als rundliche Blasen, die mit körniger Masse durchaus angefüllt sind, so daß sie noch den ursprünglichen Furchungskugeln in jeder Beziehung weit mehr gleichen, als die hellgewordenen abgeplatteten Zellen der Keimhaut. Die erwähnte Zellenanhäufung, die wir fortan den Fruchthof nennen werden, ist die Bildungsstätte des zukünftigen Embryo. Sie ist der Mittelpunkt, von welchem aus die Bildung des neuen Wesens fortschreitet, und die dort angehäuften Zellen sind das Material, aus welchem die ersten Formgestaltungen des Embryo sich aufbauen. Alle Neubildungen, welche wir in dem Folgenden beschreiben werden, und aus deren fortschreitender Aufeinanderfolge der Embryo sich zusammensetzt, beginnen zuerst im Fruchthofe, und viele sogar überschreiten denselben nie. Die sonstige, von dem Dotter übrig gebliebene Flüssigkeit, welche innerhalb der Keimblase abgelagert ist und eine gelatinöse dickliche Beschaffenheit zeigt, ist, wie es scheint, nur dazu bestimmt, bei dem Aufbaue des Zellenmaterials hülfreiche Hand zu leisten. Sie wird allmählich bis auf einen kleinen Rest aufgesaugt, während dem sich stets neue Zellenschichten zur Bildung der Organe in dem Fruchthofe ablagern.

Diese successive Ablagerung, dieses Wuchern der Zellenmassen, welche den Körper des Embryo zusammensetzen sollen, zeigt offenbar eine fortschreitende Ausbildung von Außen nach Innen. Die peripherischen Zellen sind stets in ihrem Ganzen weit mehr vorangeschritten, als die nach innen gegen das Centrum des Ei's gelegenen, und man kann im Durchschnitt behaupten, daß in der ganzen embryonalen Entwickelung ein Organ oder eine Zellenschicht um so weiter fortgeschritten sei, je näher nach der Peripherie zu sich dieselbe befinde. Betrachtet man

diese Tendenz in Bezug auf das Ei in seinem Ganzen, so ergäbe sich daraus das Fortschreiten der bildenden Kraft von Außen nach Innen, von der Peripherie nach dem Centrum hin. Allein es ist wohl zu bedenken, daß überhaupt die embryonalen Bildungen ihren Mittelpunkt nicht in dem Inneren des Ei's, sondern an der Stelle finden, wo das Keimbläschen im unbefruchteten Eie eingebettet lag, und daß der früheren Bildung des Ei's zufolge der Dotter excentrisch um diesen Ort der Embryonalbildung herumlag. Für die embryonalen Bildungen ist diese Stelle der Mittelpunkt, von welchem aus sie nach allen Richtungen hin fortschreiten, sowohl gegen das Centrum des Ei's hin, als auch strahlenförmig nach allen Richtungen auf der Oberfläche der Keimhautblase. In dem Ei läßt sich somit eine doppelte Bildungsrichtung unterscheiden — die Herstellung des Materials, welche, von Außen nach Innen fortschreitend, stets neue Schichten an den Embryo anlegt — und der Aufbau dieses Materials zu Organen, der von der Embryonalaxe nach der Peripherie hin ausstrahlt. Nicht mit Unrecht kann man deshalb den Embryo einem parasitischen Wesen vergleichen, dessen Keim an einer gewissen Stelle in das Ei eingebracht wurde, und der sich nun von dieser Stelle aus nach allen Seiten hin wuchernd über das Ei ausbreitet, dasselbe in seinem kräftigen Wachsthume umschlingt und allmählich in sich aufnimmt.

Die erste Bildung, welche man in der dunklen Zellenanhäufung des Fruchthofes unterscheiden kann, ist eine Spaltung desselben in zwei concentrisch über einander liegende Zellenanhäufungen. Der Fruchthof besteht alsdann aus einer doppelten Lage von Zellen, deren jede am Fruchthofe selbst dicker ist, als an der Peripherie. Die äußere dieser Lagen, welche die dickere ist, geht an den Rändern unmittelbar in die polyedrischen, abgeplatteten Zellen der Keimhaut über, so daß diese letztere, die in der ganzen Peripherie des Ei's aus einer einfachen Zellenlage besteht, in dem Fruchthofe gleichsam schildförmig verdickt erscheint. Die innere Lage von Zellen läßt sich anfangs nur an dem Fruchthofe unterscheiden, bald aber dehnt sie sich aus,

wuchert unter der äußeren Keimhautlage fort und überzieht allmählich das ganze Ei, bis sie an dem dem Fruchthofe gegenüber liegenden Pole sich zu einer sackförmigen Blase zusammenschließt. Die Zellen dieser inneren Lage sind dunkler, körniger, als die der äußeren, und ihre Grenze läßt sich sonach ziemlich leicht unterscheiden. Man hat Eier beobachtet, in welchen diese innere Zellenlage nur ein Drittel oder die Hälfte der Kugel bedeckte, während sie an anderen Eiern dieselbe gänzlich umschloß. Sobald diese Umschließung beendigt ist, findet sich demnach die Keimhaut aus zwei ineinander geschachtelten Säcken zusammengesetzt. Das Ei besteht sonach, sobald die Bildung dieser beiden Blätter vollendet ist, aus einer inneren klaren zähen Dotterflüssigkeit, welche von drei concentrischen Säcken in Kugelgestalt eingeschlossen wird. Der äußerste dieser Säcke ist eine structurlose feine Membran, die übermäßig ausgedehnte Zona, die jetzt schon mit Zöttchen besetzt ist. Die beiden inneren Säcke sind aus Zellenlagen gebildet, welche beide an der Stelle des Fruchthofes verdickt sind, und diese beiden nur sind es, welche an der Bildung des Embryo Antheil nehmen.

Die Entwickelungsgeschichte des Embryo hat erst in der neueren Zeit mit dem Anfange unseres Jahrhunderts diejenige Anerkennung gefunden, welche ihr gebührt. Da man im Anfange die Schwierigkeiten, welche sich der Untersuchung des Säugethierei's entgegenstellen, nicht gehörig zu überwinden verstand, so wählte man das Ei des Vogels und namentlich des Huhns zu den Beobachtungen, weil man durch zweckmäßige Bebrütung sich stets Eier in einem gewissen Stadium der Entwickelung verschaffen konnte. Auch hier erkannte man die Anlage der Keimhaut und ihre Bildung aus mehreren Blättern, und da man zugleich bemerkte, daß jedes dieser Blätter eine besondere Gruppe von Organen des embryonalen Leibes aus sich entwickelte, so stellte man für die einzelnen Blätter allgemeine Schemata auf und behandelte die Entwickelungsgeschichte der Embryonen nach dieser schematischen Grundabtheilung. Die Beobachtung, die seither von allen vorurtheilsfreien Forschern bestätigt wurde, hatte ge-

lehrt, daß die Keimanlage anfänglich aus zwei Blättern, einem oberen und einem unteren, bestehe, die man jetzt wohl in allen Thieren, selbst den niedersten, wie z. B. unseren Süßwasserpolypen (Hydra), nachgewiesen und in dieser allgemeinsten Verbreitung die Außenhaut (Ectoderm) und die Innenhaut (Entoderm) genannt hat. Die niedersten Organismen, wie Schwämme (Spongien), Polypen u. s. w. bestehen sogar während ihres ganzen Lebens nur aus diesen zwei ursprünglichen Schichten, während bei den höheren Thieren dieselben sich mannigfach spalten, verwickeln und in einander falten, so daß die ursprüngliche Anlage mehr oder minder verwischt wird. So fand man auch beim Hühnchen, das in dieser Beziehung sich durchaus dem Menschen gleich stellt, daß bald nach dem Beginne der Bebrütung, durch Verdickung und Spaltung des oberen Blattes, ein oberes oder äußeres, ein mittleres und ein unteres oder inneres Blatt hergestellt werde, die an den Rändern des Fruchthofes mit einander verschmelzen. Nach mancherlei Schwankungen in den Ansichten über die Beziehung dieser Blätter nennt man jetzt das obere das Sinnesblatt, das mittlere das Bewegungsblatt (motorisch-germinatives Blatt), das untere das Darmdrüsenblatt. Aus dem oberen Blatte entwickeln sich die äußere Haut, die Sinnesorgane und das centrale Nervensystem; aus dem mittleren Skelett, Muskeln und Geschlechtsorgane; aus dem unteren der Darmkanal mit seinen Anhängen.

Um das Verhältniß dieser einzelnen Blätter zu der Lagerung der Organe sich näher zu veranschaulichen, stelle man sich einen Augenblick vor, der Körper des Menschen sei von dem Munde an bis zu der Schambeinfuge durch einen senkrechten, in der Mittellinie geführten Schnitt aufgeschlitzt, und die Höhlen der Brust und des Unterleibes auf diese Weise geöffnet worden. Man stelle sich vor, als sei so mit einem menschlichen Leichnam verfahren worden, wie man einem geschlachteten Thiere den ganzen Leib aufbricht, um die Eingeweide herauszunehmen. Zur Vervollständigung des Bildes endlich nehme man an, daß der so behandelte Leichnam mit der aufgeschnittenen Bauchfläche nicht

nur, sondern auch mit dem aufgeschnittenen Magen, als Repräsentanten des ganzen Darmes und seiner Anhänge (Lungen, Leber u. s. w.), über eine Kugel hinübergespannt sei, welche von den aufgeschnittenen Wänden aller genannten Theile umfaßt wird. In welcher Lagerung werden sich nun nach solcher Behandlung des menschlichen Körpers die einzelnen Theile zeigen?

Als äußere Theile werden sich zu erkennen geben die äußere Haut mit den darauf geöffneten Sinnesorganen, der Rückgrat mit dem Kopfe, mit den Gliedern, mit den Muskelmassen und Knochen, welche den Stamm zusammensetzen. Gehirn und Rückenmark erscheinen als die äußersten Organe, nur überdeckt von der Haut, von den Muskeln und den Knochen, welche ihnen zur Umhüllung dienen. Unmittelbar unter dem Rückenmark nach innen gegen die Kugel zu krümmt sich die Wirbelsäule um diese herum, und als seitliche Ausstrahlungen dieser gekrümmten Axe zeigen sich die Glieder, Arme und Beine. Alle diese Organe entsprechen den beiden äußeren Blättern der Keimhaut; sie entstehen aus denselben und zeigen deshalb auch eine äußerliche Lage, sobald man eben den Leib des Erwachsenen in diejenige Lage bringt, welche der Lage des Embryo im Verhältniß zu dem Dotter entspricht. Zwischen den erwähnten Organen und der Kugel, auf welcher wir den Leib ausbreiteten, befinden sich nun die Eingeweide, welche die Höhlen der Brust und des Bauches erfüllen, nach vornhin das Herz in unmittelbarer Berührung der Kugel, und über ihm die Lungen, Luft- und Speiseröhre, weiter nach hinten hin der Darm mit seinen Drüsen. Alle diese Eingeweide sind zwischen den animalen Organen und der Kugel ausgebreitet und umhüllen die Kugel unmittelbar. Sie bilden eine Schicht, die im Verhältniß zu den animalen Organen eine innere Schicht ist und somit dem Darmdrüsenblatte der Keimhaut entspricht.

Die Präparation und Lagerung des Körpers, welche wir bisher beschrieben, sollte jeder meiner Leser sich wohl veranschaulichen und in das Gedächtniß prägen, da sie ein Bild der embryonalen Lagerung giebt und stets die verschiedenen Verhältnisse

klar machen hilft, welche bei der successiven Entwickelung der Organe auftreten. Die Kugel, über welche wir uns den Leib gespannt dachten, soll den Dotter repräsentiren. Die Embryonen aller Wirbelthiere ohne Ausnahme sind mit der Bauchfläche um den Dotter herum gekrümmt, während die Rückenfläche in Beziehung zu der Dotterkugel eine peripherische Lagerung hat. Der Embryo der Wirbelthiere wächst also mit seiner Bauchfläche um den Dotter herum, und je nach der Verschiedenheit der Verhältnisse wird die Dotterkugel bald ganz von den Bauchwandungen umschlossen, bald nur theilweise, und der Rest in Form einer Blase von dem Organismus gleichsam abgezwackt, um als Dottersack außerhalb der Leibeswand liegen zu bleiben. Diese Lagerung des Embryo im Verhältnisse zum Dotter ist nicht dieselbe bei allen Thieren. Bei den Insecten z. B. krümmt sich der Embryo mit der Rückenfläche um den Dotter, und die Bauchfläche ist im Verhältniß zu diesem peripherisch gelagert. Bei den Kopffüßlern oder Dintenfischen liegt der Dotter in der Axe des Körpers, ist kopfständig, während bei den übrigen Weichthieren ein solcher Gegensatz sich nicht nachweisen läßt.

Man hat eine Abweichung von dieser für die ganze Thierwelt characteristischen Lagerung der Embryonalgebilde im Verhältniß zu dem Dotter bei dem Meerschweinchen finden wollen, bei welchem allerdings der Embryo mit dem Rücken gegen eine Blase gekehrt ist, welche aber von den Beobachtern fälschlich für die Eiblase gehalten wurde, während sie doch aus der Verwachsung des ursprünglichen Schleimblattes mit der Uteruswand hervorgegangen ist. Die scheinbare Ausnahme, welche das Meerschweinchen macht, beruht nur darauf, daß die später zu erwähnende Nabelblase sich nicht als Blase ausbildet, sondern im Umkreise mit den von der Gebärmutter ausgehenden Gebilden verwächst und so eine nach allen Seiten herabgebogene Haut darstellt. Im Uebrigen schließen sich die Bauchwandungen bei dem Meerschweinchen ganz in derselben Weise gegen den Nabelstrang und die Dottergefäße ab, wie wir dies im Verlaufe dieses Briefes von den übrigen Säugethieren und den Menschen dar-

stellen werden, so daß diese Ausnahme also nur scheinbar, nicht wirklich ist und auch in der That jetzt wiederholte Beobachtung nachgewiesen hat, daß der erste Untersucher durchaus falsche Resultate zu Tage förderte.

Kehren wir nach dieser Abschweifung zu den Blättern der Keimhaut zurück, so sehen wir, daß die schematischen Uebertreibungen, womit man diese getrennten Lagen organischer Zellen, diese Keimblätter, zur Bildung der Organe benutzte, oft selbst der Annahme derjenigen Thatsachen schadeten, auf welchen die weit ausgesponnenen Theorieen beruhten. Man behandelte diese Blätter, statt ihre Masse nach verschiedenen Richtungen hin wachsen, hie und dort durch neue Zellenanhäufungen und Anlagerungen vom Dotter her sich vergrößern zu lassen, fast wie Tücher oder Teppiche, die man auf verschiedene Weise faltete, dehnte und zerrte, um dort eine Drüse, hier eine Röhre, an einem anderen Orte eine hautartige Umhüllung hervorgehen zu lassen. Auch in neuester Zeit noch hat man wohl diesem mechanischen Elemente des Wachsthums einen zu bedeutenden Einfluß angewiesen, obgleich nicht zu läugnen ist, daß durch das ungleiche Auswachsen der einzelnen Theile andere beeinträchtigt, zurückgeschoben, gefaltet und in mannigfachster Weise verändert werden. Schließlich aber erkennen wir in den Keimblättern flächenartig ausgebreitete Zellenanhäufungen, welche anfangs ganze Gruppen von Organen in sich repräsentiren. Diese Organe aber bilden sich aus durch Wachsthum an bestimmten Orten, durch Anhäufung verschiedenartig thätiger Zellen, welche allmählich die Elementartheile so aus sich herausbilden, wie es die Structur und Gestalt der betreffenden speciellen Organe erheischt. Wenn wir aber dies rege Zellenleben in dem Fruchthofe und der Keimhaut nicht verkennen, so gehen wir damit nicht so weit, die Theilung der Keimhaut in Blätter oder die Faltung dieser Blätter durch mechanische Einwirkung der benachbarten Theile zu läugnen; Eines schließt das Andere nicht aus und die Theilung der Keimhaut so wie die Faltung ihrer Blätter sind jetzt so evident, so

unwiderleglich bewiesen, daß ein Leugnen derselben aus theoretischen Gründen eine wahre Absurdität in sich schließt.

Das Ei der Säugethiere befindet sich schon in dem Uterus, sobald die oben beschriebenen Veränderungen damit vorgehen. Es beginnt nun die Einleitung zu einer genaueren Verbindung mit der Gebärmutter selbst, und zwar in der Weise, daß sich auf der äußeren Fläche der so sehr verdünnten Zona eigenthümliche Zotten (Fig. 81, S. 561) bilden, welche in die Zotten und Vertiefungen eingreifen, die an der Schleimhaut des Uterus im normalen Zustande erblickt werden. Man kann sich diese Verbindung so vorstellen, daß die auf der Zona entwickelten Zotten mit denjenigen des Uterus etwa wie Sägezähne oder wie die Finger zweier in einander verschobener Hände in einander greifen und durch klebende Substanz mit einander verbunden sind. Anfangs ist die ganze Oberfläche der Zona mit solchen Zöttchen besetzt, die aber allmählich je nach den verschiedenen Thiergattungen an verschiedenen Stellen bei der zunehmenden Ausdehnung des Ei's weiter von einander rücken und verschwinden, während sie an anderen Stellen sich häufen, auswachsen und in innigere Verbindung mit dem Uterus treten. Durch die Gefäße, welche sich in ihnen entwickeln, werden diese Zotten später die wahren Ernährungsorgane des Fötus. Bei dem Menschen bleiben sie nur an einer bestimmten, meist mehr oder minder elliptischen Stelle des Ei's stehen, und bilden hier durch Verwachsung mit den vom Uterus ausgehenden Zotten ein festes kuchenartiges Gebilde, den Mutterkuchen, die Placenta oder Nachgeburt. Aus diesem Mutterkuchen entspringen einerseits die Blutgefäße, welche dem Embryo Nährstoffe zuführen, und andererseits finden sich in diesem Gebilde die Endmaschen der Uteringefäße, aus welchen der Fötus seine Nahrung zieht. Wir werden in der Folge dies wichtige Gebilde noch näher betrachten, machen aber aufmerksam, daß es eben aus den Zotten entsteht, deren erste Anfänge auf der Zona überall herum zerstreut sich finden.



Fig. 83.

Ein durch Fehlgeburt abgegangenes menschliches Ei von etwa zwei Monaten. Die hinfällige Haut bildet einen doppelten, abnormer Weise mit Blut unterlaufenen verdickten Sack. In diesem und am oberen Theile mit ihm verwachsen liegt das zottige Chorion, das durch eine zellig-gelatinöse Substanz vom Amnion oder Schafhäutchen getrennt ist, In diesem Raum liegt das Nabelbläschen, das mit seinem Stiele in den Embryo übergeht, der in der geöffneten Höhle des Schafhäutchens eingeschlossen ist. a. Aeußerer, b. innerer Sack der hinfälligen Haut. c. Mit zelliger Sulze erfüllter Raum zwischen Chorion und Amnion. d. Innere, e. äußere zottige Fläche des Chorion. f. Nabelbläschen. g. Embryo, unmittelbar vom Amnion eingehüllt.

Der menschliche Uterus bereitet sich zum Empfange des Ei's noch auf eine eigenthümliche Weise vor, welche sich in der Thierwelt nur bei den Affen ganz in derselben Art wiederfindet, während bei den übrigen Säugethieren eigenthümliche Modificationen dieses Bildungsherganges sich zeigen. Es bildet sich nämlich in der inneren Höhle der Gebärmutter eine eigenthümliche Haut von flockigem Aussehen, welche man mit dem Namen der *hinfälligen Haut* oder der *Decidua* bezeichnet. Man hat vielfach über die Structur und Anordnung dieser hinfälligen Haut ge-

stritten, scheint aber endlich in unserer Zeit sich dahin vereinigt zu haben, daß man dieselbe für die innere Schleimhautschicht des Uterus hält, welche die ihr eigenthümlichen Drüsen stärker entwickelt und dadurch jenes weiche netzförmige Aussehen erhält, welches der hinfälligen Haut zukommt. Die Decidua ist auf ihrer äußeren, den Uteruswänden zugekehrten Fläche stets glatt, während ihre innere Fläche zottig und rauh erscheint. Bei genauerer Untersuchung entdeckt man in ihr zahlreiche zarte Blutgefäße und längliche, meist cylindrische Schläuche, die sich auf ihrer Oberfläche in die innere Höhlung öffnen. Offenbar sind diese Schläuche nichts anderes als die sehr entwickelten Drüsenschläuche, welche sich in der inneren Haut des Uterus befinden, bei der nicht schwangeren Gebärmutter aber so klein und unausgebildet sind, daß sich ihre Existenz bei den meisten Thieren kaum mit Bestimmtheit nachweisen läßt.

Die Bildung der Decidua beginnt und vollendet sich in dem Uterus, auch in denjenigen abnormen Fällen, wo das befruchtete Ei nicht bis in die Höhle der Gebärmutter gelangt. Man kennt Fälle, wo das Ei nicht von dem Eileiter aufgenommen wurde, sondern befruchtet in die Bauchhöhle fiel und dort sich entwickelte (sogenannte Bauchschwangerschaften); andere, wo das Ei im Eileiter zurückblieb und sich in diesem ausbildete, ohne bis in den Uterus vorzurücken; in allen diesen Fällen fand man dennoch eine hinfällige Haut in der Höhle des Uterus. Diese ist das Product des entzündlichen Zustandes, in welchen die Gebärmutter durch die Befruchtung versetzt wird; sie ist eine selbstständige Bildung des Uterus, und das Eichen findet bei seiner Ankunft in der Höhle desselben vor der Oeffnung des Eileiters die dort ausgebildete hinfällige Haut, in welche es sich gleichsam einsäet, wie ein Samenkorn in aufgelockertes Erdreich. Das Eichen ist bei der Ankunft in dem Uterus noch außerordentlich klein, indem es, wie wir oben sahen, kaum die Größe eines kleinen Stecknadelknopfes besitzt. Es kann also bei seinem Eintritte in den Uterus wohl schwerlich einen bedeutenden mechanischen Eindruck auf die hinfällige Haut ausüben. Es schlüpft in eine der Falten

oder Vertiefungen der weichen, aufgelockerten Schleimhaut, vielleicht auch in eine Drüsenhöhle, bettet sich dort ein und wird von den Wucherungen der hinfälligen Haut auf allen Seiten umgeben, so daß diese eine vollständige neue, sogar doppelte Hülle um das Ei bildet, die bei dem Menschen durchaus in weiter kein engeres Verhältniß zu den Embryonalbildungen selbst kömmt, sondern nur als in sich selbst zurückgebogene, aus doppeltem Sacke bestehende Hülle und Einbettung des Ganzen sich erhält, weshalb wir sie auch fernerhin gänzlich außer Acht lassen können.

Das Ei, welches während der Zeit, wo die Keimhaut sich bildet, sicherlich auch beim Menschen nicht größer ist, als ein mäßiger Stecknadelkopf, wächst in den ersten Zeiträumen seines Aufenthaltes in der Gebärmutter noch hauptsächlich durch Endosmose, durch Einsaugung der Flüssigkeit, welche in seinem Umkreise durch die entzündliche Aufregung der Geschlechtstheile in die sulzigweiche Masse der hinfälligen Haut ergossen ist. In den späteren Zeiten aber genügt diese Einsaugung nicht mehr, sondern es wird eine organische Verbindung eingeleitet zwischen dem Ei und der Gebärmutter mittelst der Zotten beider Organe, in welche sich Gefäße hineinbilden. Da wir beabsichtigen, im Laufe dieses Briefes noch eine kurze Uebersicht der Entwickelung des Ei's im Allgemeinen zu geben, so wird es nöthig sein, auf die Bildung des Fruchtkuchens und die Function dieses Gebildes etwas näher einzugehen.

Wir sahen oben, daß die Zotten, welche auf der äußeren Oberfläche des Ei's sich entwickeln, zwischen diejenigen der Uterinschleimhaut, also der Decidua, eingreifen, und zwar daß sie bei dem menschlichen Eie nur an einer beschränkten Stelle diese organische Verbindung eingehen. An dieser Stelle ist also anfänglich nur die äußere Hülle des Ei's, die ursprüngliche Zona, welche man jetzt, nachdem sich die Zotten entwickelt haben, das Chorion nennt, an den Uterus befestigt, während die innerhalb des Chorions befindliche Keimhaut durchaus von aller organischen Verbindung mit dem Uterus ledig ist. Nach und nach, während



Fig. 84. Schematischer Durchschnitt eines Säugethiereies, um die Bildung der verschiedenen Hüllen zu veranschaulichen. a. Kopftheil. b. Schwanztheil des Embryo's. c. Die Dotterhülle, allmählich zur Nabelblase auswachsend. d. Der Dotter. e. Der Dottergang, der in den Darm des Embryo's überführt und zum Stiel des Nabelbläschens auswächst. f. Vordere, g. hintere Falte des Amnios (Kopf- und Schwanzkappe). h. Der Harnsack. Das Ganze ist vom zottigen Chorion umgeben.

der Embryo sich in später zu beschreibender Weise entwickelt, löst sich eine Schicht von Zellen in hautartiger Ausbreitung auf der ganzen äußeren Fläche der Keimhaut los, verwächst mit der Zona überall und bildet zugleich in höchst merkwürdiger Weise einen rings geschlossenen Sack um den Embryo. Dieser Sack, auf dessen Bildung wir später näher eingehen werden, füllt sich mit Flüssigkeit und wird das Amnios oder die Schafhaut genannt. Das äußere Blatt der Keimhaut aber, welches sich eng an die Zona anlegte und sich von der übrigen Dotterkugel entfernte, verwächst vollständig mit der Zona, so daß es mit dieser gemeinsam nur eine einzige dünne Haut darstellt, auf welcher außen die Zotten ansitzen. Bei denjenigen Säugethieren, in deren Eileiter das Ei eine Schicht von Eiweiß umgebildet erhält, verwächst auch dieses mit der Zona, so daß demnach die Zottenhaut, welche das Chorion heißt, aus der Verwachsung des Eiweißes, der Zona und einer von der Keimhaut gelieferten Zellenschicht hervorgegangen ist. Dieser äußere Eisack, das Chorion, die

Zottenhaut oder Eihaut (denn alle diese und noch mehr verschiedene Namen trägt diese Haut) ist demnach seiner Entstehung nach ein sehr complicirtes Gebilde, indem ein Theil des ursprünglichen Ei's, die Zona, ein von dem mütterlichen Organismus umgebildeter Stoff, das Eiweiß, und endlich eine von der Embryonalanlage herkommende Zellenschicht Antheil an seiner Zusammensetzung nehmen. Die Zötten selbst, die im Stadium ihrer höchsten Ausbildung dem Ei ein Ansehen geben, als sei es über und über mit Moos überzogen, entstehen aus dem Ansatze eigenthümlicher Molecule, welche auf der äußeren Fläche des Chorions sich niederschlagen. Der Embryo bedarf zu seiner weiteren Ausbildung der Zufuhr von Stoffen von der Mutter, und um diese Zufuhr zu bewerkstelligen, bildet sich aus seinem hinteren Theile eine anfänglich doppelte, dann einfache Blase hervor, welche äußerst gefäßreich ist und gegen die Stelle hin vorwächst, wo die Zotten des Chorion zwischen diejenigen der Gebärmutter sich hineingebildet haben. Diese gefäßreiche Blase,

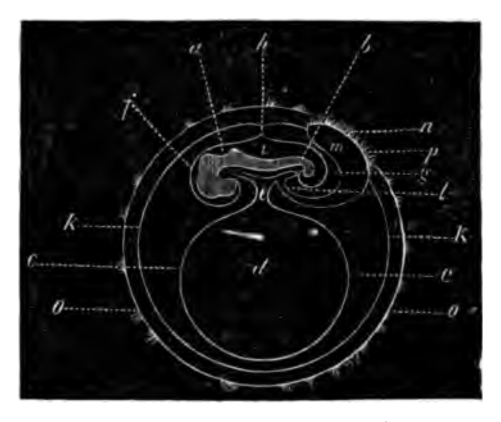


Fig. 85. Schematische Figur, ähnlich der vorigen, nur bei weiterer Ausbildung der Hüllen. a. bis g. haben dieselbe Bedeutung wie in der vorigen Figur. h. Verwachsungsstelle der Amniosfalten über dem Rücken. i. Innerer Sack der Schafhaut. k. Aeußerer Schafhautsack, der sich an die innere Wand des Chorion o. anlegt und mit ihm verwächst. l. Stiel des Harnsackes. m. Harnsack. n. Zotten des Harnsackes, aus denen sich die Placenta bildet.

die Allantois, der Harnsack oder die Harnhaut genannt, enthält zwei Arterien, welche Blut aus dem Gefäßsysteme des Embryo erhalten. Diese Nabelarterien verzweigen und verästeln sich auf der Oberfläche der Harnhaut, und sammeln sich endlich wieder in eine oder zwei Nabelvenen, welche das Blut in die Hohlvene des Embryo zurückführen. Sobald der Harnsack die Zotten des Chorions erreicht hat, legt er sich an diese an, und nun bilden sich Büschel von Haargefäßen in die einzelnen Zotten hinein. Jede Zotte bildet so, ähnlich einer Darmzotte, gleichsam eine vielfach in sich gewundene Schlinge von Capillargefäßen, durch welche das Blut durchgeht, um aus den Nabelarterien in die Nabelvenen zu gelangen.

Während diese Gefäßschlingen von dem Embryo her sich in die Zotten des Chorions hineinbilden, hat sich auch von Seiten des Uterus das Gefäßsystem bedeutend entwickelt und in die von der Uterinschleimhaut ausgehenden Zotten hineingebildet. Hier indeß scheint sich die Ausbildung der Gefäßkanäle in einigermaßen verschiedener Weise zu gestalten. Die Arterien der Gebärmutter verästeln sich freilich, wie gewöhnlich, in stets feinere Capillargefäße; allein diese Capillargefäße gehen nicht durch allmähliche Erweiterung und Sammlung ihrer Stämmchen in größere Venenzweige über, sondern sie erweitern sich plötzlich zu ziemlich bedeutenden Höhlen, welche die Zotten des Chorion und die darin befindlichen Büschel von Capillargefäßen von allen Seiten umhüllen. Die schwammige poröse Substanz des Mutterkuchens besteht also ihrer inneren Structur nach aus den Gefäßbüscheln des Chorions, den arteriellen Gefäßbüscheln der Uterinzotten und den venösen Hohlräumen, in welche diese ihr Blut ergießen, um es sodann durch die Venen der Gebärmutter in die Blutcirculation der Mutter zurückkehren zu lassen.

Man sieht aus dieser Darstellung, daß das Blut der Mutter mit demjenigen des Embryo in keinem directen Zusammenhange steht. Die Blutbahn des Embryo ist überall geschlossen, seine Capillaren bilden in den Zotten der Placenta eben so vollkommen geschlossene Röhren oder Schlingen, wie in allen übrigen

Organen. Nicht minder ist die Blutbahn der Mutter durchaus in sich abgeschlossen, und eine Wechselwirkung zwischen dem Blute der Mutter und demjenigen des Embryo ist demnach nur möglich mittelst endosmotischen Austausches durch die Gefäßwände beider Circulationssysteme. Es können demnach nur flüssige Stoffe aus dem Blute der Mutter in dasjenige des Embryo oder umgekehrt übergehen, und die Ernährung des Embryo kann nur auf die Weise geschehen, daß ein steter Austausch auf endosmotischem Wege Statt findet. Die Wände aller Gefäße aber, welche sich in der Placenta finden, sind außerordentlich dünn und zart, und durch die vielfache Schlängelung der embryonalen Capillaren, sowie durch die allseitige Umspülung ihrer Büschel, sind alle Bedingungen zu einer äußerst raschen und vollständigen Endosmose gegeben. Wir haben in dem Briefe über die Aufsaugung gesehen, daß möglichste Vergrößerung der Oberfläche und Beschleunigung der Strömung die Endosmose außerordentlich befördern. Beide Momente sind durch die eben beschriebenen Einrichtungen in hohem Grade erzielt. Es kann deshalb keinem Zweifel unterliegen und ist auch durch Versuche bestätigt worden, daß die Stoffe, welche im Blute der Mutter aufgelöst sind, äußerst schnell in dasjenige des Embryo übergehen, und daß der Embryo sämmtliche zu seiner Vergrößerung und Entwickelung nöthigen Stoffe der mütterlichen Blutflüssigkeit entzieht.

Die gesammte Ernährung und Absonderung des Embryo beruht demnach auf der Blutcirculation in dem Fruchtkuchen. Der Embryo hat keine andere Vermittelung mit der Außenwelt, er kann mit der atmosphärischen Luft weder in Berührung kommen, noch Stoffe von Außen aufnehmen, da er gänzlich von einem mit Flüssigkeit erfüllten Sacke, dem Amnios, umhüllt ist. Seine Ernährung geschieht in ganz analoger Weise, wie die eines jeden Körpergewebes. Wir sahen oben bei der Schilderung der einzelnen Vorgänge der Ernährung, daß sowohl die unbrauchbar gewordenen Stoffe, als auch die Gasarten, welche aus der Umwandlung der organischen Substanz hervorgehen,

durch die in den Capillaren Statt findenden endosmotischen Vorgänge in die Blutbahn aufgenommen, innerhalb dieser weggeführt und in den Absonderungsorganen aus derselben wiederum abfiltrirt werden. Der Harnstoff und die Kohlensäure, welche aus der Zersetzung des Muskelfleisches hervorgehen, werden durch das Blut weggeführt, und zum Ersatz dafür Sauerstoff und Proteïnsubstanzen herbeigeführt. Ganz so verhält sich auch der Austausch zwischen dem Blute des Fötus und demjenigen der Mutter, welcher in der Placenta Statt hat. Die durch das Wachsthum und die Ernährung der embryonalen Organe gebildeten unbrauchbaren Stoffe und Gasarten werden in aufgelöstem Zustand durch den Blutstrom der Nabelarterien in die Placenta gebracht, und dort mittelst endosmotischer Strömung gegen die im Blute der Mutter enthaltenen brauchbaren aufgelösten Stoffe und gegen den hergeführten Sauerstoff vertauscht. Wer unsere Darstellung der Ernährung der Körpersubstanzen begriffen und gefaßt hat, der braucht an die Stelle dieser Substanzen nur eine flüssige Substanz, das Blut des Embryo, zu substituiren und die Function der Placenta wird ihm völlig klar sein. Der Streit, ob die Placenta ein Organ der Ernährung, der Absonderung oder der Respiration sei, beruht demnach auf einer völligen Verkennung aller physiologischen Vorgänge. Sie ist Alles zusammen, ein Organ des Austausches nämlich für alle Stoffe, welche, seien sie nun gasförmig oder flüssig, in dem Blute des Embryo einerseits und demjenigen der Mutter anderseits aufgelöst sind; — sie ersetzt die Thätigkeit der Lunge und der Nieren, ja auch diejenige der Leber, da, wie man neuerdings gefunden, auch Zucker in besonderen Theilen derselben bereitet wird.

Der Harnsack, durch welchen die Nabelgefäße zu den Zotten des Chorion geleitet werden und der deshalb ein äußerst wichtiges Gebilde für den Embryo ist, verliert bei den Menschen sehr bald seine blasenförmige Beschaffenheit und verwandelt sich in einen sulzigen festen Strang, welcher sich auf eine eigenthümliche Weise windet, die Nabelgefäße in sich enthält und der Nabelstrang genannt wird. Durchschneidet man den Nabel-

strang eines menschlichen Embryo in die Quere, so sieht man, daß derselbe aus einer gelatinösen Substanz gebildet ist, in der man die Lumina dreier durchschnittener Gefäße, der beiden Nabelarterien und der meist einfachen Nabelvene, erblickt. Durchschneidet man aber den Nabelstrang eines Thieres, so sieht man außer diesen drei Gefäßöffnungen noch in der Mitte des Stranges einen Kanal, der nicht mit Blut, sondern mit einer wässerigen Flüssigkeit erfüllt und nichts anderes als der hohle Stiel des Harnsackes ist. Bei den meisten Thieren nämlich bleibt der Harnsack während des ganzen Embryonallebens als Blase bestehen, und je nach den einzelnen Ordnungen der Säugethiere entwickelt diese Blase sich mehr oder minder bedeutend. Bei den Nagern, den Kaninchen und Hasen bildet der Harnsack eine mehr oder minder flaschenförmige Blase, welche etwa in dem verhältnißmäßigen Umfange bleibt, den der Harnsack bei dem menschlichen Embryo in der frühesten Zeit erhält. Deshalb haben diese Thiere auch wie der Mensch eine einfache kuchenförmige Placenta, die sich an der Stelle entwickelt, wo der birnförmige Harnsack sich an das Chorion anlegt. Bei den Hunden und Katzen wächst der Harnsack viel bedeutender aus, er wuchert an der inneren Fläche des Chorion von rechts nach links herum, so daß er mit seinem Ende den Ausgangspunkt wieder erreicht und so um das spindelförmige, nach oben und unten hin zugespitzte Ei einen Gürtel bildet, in dessen Bereich die Zotten überall in den röhrenförmigen Uterus sich hineinbilden und so eine ringförmige Placenta erzeugen. Der Harnsack bildet bei diesen Thieren also schon den größten Theil des Ei's. Noch weiter geht seine Entwickelung bei den Schafen, Rindern und Pferden. Hier wächst der Harnsack so bedeutend aus, daß er in kurzer Zeit nicht nur den ganzen inneren Raum des Chorion erfüllt, sondern sogar baldigst an beiden Polen die Eihaut sprengt und über dieselbe hinauswächst, so daß das Ei eine halbmondförmige Gestalt hat und zwei lange gekrümmte Hörner nach oben und unten hin ausschickt. Die Zotten und Gefäßbüschel stehen dann bei diesen Thieren auf der ganzen Oberfläche des Ei's herum zerstreut und



Fig. 86. Schematische Figur, den Durchschnitt eines Säugethiereies darstellend. a. Kopftheil. b. Schwanztheil der Embryo's. c. Nabelblase oder Dotterblase. d. Inhalt derselben, Dotter. e. Dottergang, vom Dotter in den Darm führend. f. Vorderer Theil des Amnios, Kopfkappe. g. Hinterer Theil desselben, Schwanzkappe. h. Verbindungsstelle des Amnios. i. Höhle des Amnios, den Embryo umgebend und mit dem Schafwasser gefüllt. k. Aeußere Falte des Amnios, mit dem Chorion o verwachsend. l. Stiel des Harnsackes. m. Höhle des Harnsackes, mit Flüssigkeit gefüllt. n. p. Mutterkuchen, aus den Gefäßzotten des Harnsackes und denen der Gebärmutter gebildet.

bilden nicht einen zusammenhängenden Kuchen, sondern einzelne Haufen, welche in entsprechende Stellen der Uterinfläche eingreifen und Cotyledonen genannt werden.

Die Literatur der Entwickelungsgeschichte ist angefüllt mit Streitigkeiten über die Existenz eines Harnsackes bei dem Menschen, die indeß jetzt durch sichere Beobachtungen an sehr jungen Embryonen vollständig dahin geschlichtet sind, daß man mit Bestimmtheit einen Harnsack nachgewiesen hat, welcher sich an der Stelle der Placenta anlegt, nachher aber sehr bald obliterirt und zu einem soliden Strange zusammenschrumpft. Der menschliche Embryo entbehrt deshalb durchaus derjenigen Hülle, welche bei den Thieren von dem Harnsacke aus geliefert wird.

Eine ähnliche vorübergehende Rolle spielt in dem menschlichen Eie ein anderes blasenartiges Gebilde, welches man unter

em Namen der Nabelblase kennt. (Fig. 85, S. 575 und ig. 86, S. 580.) Um die Entwickelung dieses Theiles zu ver- ehen, muß man sich in das Gedächtniß zurückrufen, daß die eimhaut oder Keimblase aus zwei Blättern besteht, welche die otterflüssigkeit einschließen, und daß das innerste dieser Blätter, as Darmdrüsenblatt, welches unmittelbar mit der Dotterflüssigkeit ı Berührung steht, zur Bildung des Epitheliums des Darmes be- immt ist. Man muß sich ferner erinnern, daß nur der ver- ickte Theil der Keimhaut, welchen wir den Fruchthof nannten, ır Bildung des embryonalen Leibes verwandt wird. Man kann aher mit vollem Rechte behaupten, daß die ursprüngliche An- ıge des Darmes weiter nichts sei, als eine schildförmige Aus- reitung auf der Oberfläche der Dotterblase. Damit hieraus ie Röhre des Darmes werde, muß sich diese schildförmige Aus- reitung allmählich von den Seiten her umkrempen und eine albrinne bilden, deren Ränder nach und nach verwachsen. Dies eschieht auch in der That (vgl. Fig. 94). Die zur Bildung es Darmes bestimmte Masse erhebt sich, krempt sich gegen den otter hin um, bildet auf diese Weise eine in der Längsaxe des örpers liegende, gegen den Dotter hin offene Rinne, deren länder sich von vornen und hinten her gegen die Mitte hin zur löhre zusammenschließen. Es bleibt demnach auf diese Weise in großer Theil der Dotterflüssigkeit mit dem sie umhüllenden chleimblatte der Keimhaut als Blase zurück, welche anfangs urch eine weite, in der Längsrichtung verlaufende Spalte, später urch einen offenen Kanal mit dem Darme in Verbindung steht. ieser Kanal mündet etwa in der Mitte des Darmes in den ünnbarm ein. Er ist anfangs sehr kurz und weit offen, allein mehr die Bauchwände des Embryo's sich in der Mittellinie chließen, desto mehr verlängert sich der Stiel der Nabelblase, er mit den Nabelgefäßen und dem Stiele des Harnsackes aus em Körper des Embryo durch die Nabelöffnung hervortritt, m gegen die Peripherie des Ei's hin sich bläschenförmig zu rweitern. Bei manchen Thieren, wie z. B. den Kaninchen, bleibt ieser Gang der Nabelblase sehr lange offen, und die Blase



Fig. 87. Menschlicher Embryo aus der vierten Woche. a. Amnios, das auf dem Rücken, von der Nackenbeuge an, zum Theil entfernt ist. b. Dottersack (Nabelblase). b'. Dottergang (Stiel der Nabelblase). c. Erster Kiemenbogen (Unterkiefer). d. Oberkieferfortsatz des ersten Kiemenbogens. e. Zweiter, e'. dritter, e'' vierter Kiemenbogen. f. Ohrbläschen. g. Auge. h. Vordere Extremität. i. Hintere Extremität. k. Nabelstrang. l. Herz. m. Leber.

selbst zeigt während des ganzen Lebens des Embryo eine ziemlich bedeutende Größe und ist durch ihre Gefäße für die Ernährung des Fötus wichtig. Bei dem Menschen zieht sich der Stiel der Blase sehr lang aus, schließt sich aber sehr bald und verschwindet gänzlich in dem Nabelstrange, ebenso wie die Nabelblase selbst, ohne daß in den meisten Fällen eine Spur davon zurückbleibt. Wenn ich daher oben sagte, daß der Nabelstrang außer den Gefäßen auch noch den solid gewordenen Stiel des Harnsackes enthalte, so hatte ich damit seine Zusammensetzung noch nicht vollständig bezeichnet, indem er außerdem noch den verschrumpften Stiel der Nabelblase in sich schließt. Wollten wir den Nabelstrang in Gedanken so wiederherstellen, wie er sein müßte, wenn diese verschiedenen Gebilde nicht zusammengeschrumpft und geschlossen wären, so müßten wir in ihm außer den drei Gefäßen auch noch zwei hohle Kanäle finden, deren einer dem Harnsacke, der andere der Nabelblase angehörte.

Der Embryo des Menschen entbehrt demnach mehrere Hüllen, aus bläschenartigen Gebilden hervorgegangen, welche bei den Thieren sich finden, und besitzt dagegen eine von dem Uterus aus gelieferte äußere Hülle, die früher erwähnte hinfällige Haut, welche den meisten Thieren fehlt. Untersucht man die Bildung des Ei's in dem Leichname einer Schwangeren, die schon in vorgerücktem Zeitpunkte der Schwangerschaft gestorben ist, so findet man den Embryo von folgenden Hüllen eingeschlossen. Zunächst längs der Wände des Uterus findet man die zusammengedrückte, theilweise selbst durch Aufsaugung wieder vernichtete hinfällige Haut, die an dem Ansatzpunkte der Placenta unterbrochen ist. Auf diese nach innen hin folgt das Chorion, welches



Fig. 88. Durchschnitt einer Gebärmutter mit der reifen Frucht. a. Wandung der Gebärmutter. b. Durchschnitt der Harnblase. c. Scheide. d. Raum zwischen Gebärmutter und Mastdarm. e. Bauchwandung. f. g. Aeußeres und inneres Blatt der hinfälligen Haut. h. Gränze zwischen Uteruszotten und Placentarzotten. i. Mutterkuchen. k. Chorion. l. Amnios. m. Eiweißartige Flüssigkeit zwischen beiden. n. o. Umgeschlagenes Blatt des Amnios, den Mutterkuchen auf seiner inneren Fläche überziehend. p. Nabelstrang. q. Höhle des Amnios, vom Schafwasser ausgefüllt. r. Embryo.

in die Placenta selbst übergeht und innerhalb dieser nicht isolirt werden kann. Unmittelbar an dem Chorion und von diesem kaum durch eine geringe Schicht eiweißartigen Stoffes getrennt, liegt eine dritte Hülle, die Schafhaut oder das Amnios, welche eine bedeutende Masse von Flüssigkeit, das Schafwasser oder Fruchtwasser, enthält. Dieses letztere ist wesentlich seiner Zusammensetzung nach eine Auflösung von Eiweiß und Kochsalz in Wasser, die im Beginne der Schwangerschaft concentrirter ist, als in späteren Zeiten. In dieser Flüssigkeit schwimmt der Embryo ganz frei, einzig aufgehängt mit der Bauchfläche an dem Nabelstrange, der von dem Nabel aus nach dem Fruchtkuchen sich hinzieht. Die äußere Haut des Embryo setzt sich an dem Nabel in verdünntem Zustande auf dem Nabelstrange fort und bildet so für diesen eine häutige Scheide, die an der inneren Oberfläche des Fruchtkuchens unmittelbar in das Amnios übergeht. Dieses bildet demnach einen vollkommen geschlossenen Sack um den Embryo, der ringsum von der Flüssigkeit des Schafwassers umspült wird. Bei der Geburt wird der Sack der Schafhaut zersprengt und durch den Riß des Chorion und des Amnios tritt der Embryo heraus.

Die Bildung und Entstehung der Schafhaut läßt sich kaum ohne Beihülfe schematischer Figuren anschaulich machen und gehört überhaupt zu den schwierigsten Punkten in der Ent-

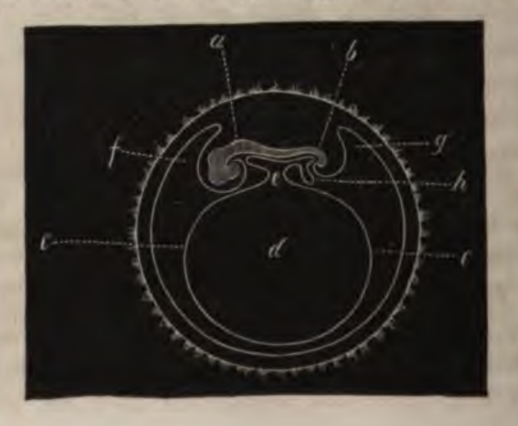


Fig. 89. Schematischer Durchschnitt eines Säugethiereies, um die Bildung der verschiedenen Hüllen zu veranschaulichen. a. Kopftheil, b. Schwanztheil des Embryo's. c. Die Dotterhülle, allmählich zur Nabelblase auswachsend. d. Der Dotter. e. Der Dottergang, der in den Darm des Embryo's überführt und zum Stiel des Nabelbläschens auswächst. f. Vordere, g. hintere Falte des Amnios. h. Der Harnsack. Das Ganze ist vom zottigen Chorion umgeben.

wickelungsgeschichte. Erst die neuesten Untersuchungen an Embryonen aus frühester Zeit haben diese Entstehungsgeschichte unwiderleglich aufgeklärt und bewiesen, daß der vollkommen geschlossene Sack der Schafhaut durch eine merkwürdige Faltung des peripherischen, serösen Blattes der Keimhaut entstanden sei. Man erinnert sich, daß dieses Blatt im Anfange überall unmittelbar der inneren Fläche des Chorion anlag. Es verwächst nun mit dieser inneren Fläche des Chorion überall an der ganzen Peripherie des Ei's, ausgenommen an derjenigen Stelle, wo sich der Fruchthof, also der werdende Embryo, befindet. Während sich nun der Embryo entwickelt, entfernt er sich von dem Chorion und zieht dadurch eine Falte des serösen Blattes nach sich, die sich mehr und mehr ausbildet. Wir haben gesehen, daß die äußere peripherische Fläche des Fruchthofes der Rückenfläche des Embryo entspricht. Der werdende Embryo liegt also mit seiner Rückenfläche anfänglich hart der inneren Fläche des Chorion an. Je mehr er sich aber von derselben entfernt, desto größer wird die Falte, die von dem serösen Blatte der Keimhaut gebildet wird. Der Embryo ist sonach in dieser Falte gleichsam aufgehängt wie ein Gegenstand, den man flach auf einem Tuche trägt. Nach und nach, je mehr sich der Embryo von dem Chorion entfernt, bildet sich auch die flache Falte zu einem vollständigen Sacke aus, und der Embryo hängt nun darin, wie in einem Tuch, das man oben zusammengefaßt hat und dessen Zipfel man ringsum an das Chorion angewachsen denken muß. Der so gebildete Beutel, welcher anfangs in der Rückengegend noch gegen das Chorion hin offen ist (vgl. Fig. 93), schließt sich allmählich vollständig durch Verwachsung seine Ränder und bildet auf diese Weise den geschlossenen Sack der Schafhaut.

Diese liegt anfangs dem Embryo überall ziemlich enge an, vergrößert sich aber schnell, indem sie sich mit Flüssigkeit füllt, und stellt so allmählich den weiten Sack her, in dessen Flüssigkeit der Embryo schwimmt.

Es hält außerordentlich schwer, sich diese Bildungsweise der Schafhaut zu veranschaulichen, es mag indeß noch auf folgende Weise gelingen: Man stelle sich vor, die äußere Haut des Erwachsenen, statt an dem Nabel geschlossen zu sein, gehe von hier aus in eine gewaltig große Blase über, die an dem Nabel befestigt wäre. Legt man nun den menschlichen Körper mit seiner Bauchfläche auf diese Blase, die hinlänglich groß sein muß, um den Körper nach allen Seiten hin zu überragen, so wird die Blase ringsum an ihrem Rande eine Falte bilden, an welcher die dem Körper zugekehrte Hälfte der Blase in die peripherische Fläche übergeht. Man denke sich nun, daß diese Blase groß genug sei, um auf dem Rücken über den Kopf und die Beine hinüber zusammengefaßt werden zu können. Näht man nun die so zusammengefaßte Blase über dem Rücken zusammen, so wird der Mensch in einem doppelten Sacke eingeschlossen sein, dessen Zusammenheftungsstelle der Mitte des Rückens entspricht. Der äußere dieser Säcke entspricht dem äußeren Blatte der Keimhaut. Man schneide diesen äußeren Sack weg (die Natur entfernt ihn durch Verwachsung mit dem Chorion), und es wird der innere Sack, die Schafhaut, übrig bleiben. Man kann die eben beschriebenen Verhältnisse plastisch ausführen, indem man eine zugebundene Schweinsblase nimmt, den Körper des Embryo durch irgend einen festen Gegenstand, etwa ein Kreuzerbrödchen, versinnlicht und nun verfährt, wie wir oben angaben. Es giebt kein besseres Mittel, um sich den Vorgang in der Natur, wie er durch Beobachtungen nachgewiesen ist, anschaulich zu machen, wie es denn überhaupt zum richtigen Verständniß der Entwickelungsgeschichte stets solcher plastischer Versuche bedarf, die weit mehr begreiflich machen, als die besten Figuren thun können.

Dreiundzwanzigster Brief.

Der Embryo, seine Uranlagen und sein Nervensystem.

Wir verließen das Ei in dem Momente, wo an einem bestimmten Punkte desselben sich der länglich-runde Fruchthof oder Embryonalfleck gebildet hat. Die Zusammensetzung dieses Embryonalfleckes aus gehäuften Zellen, welche in drei Blätter getheilt werden können, wurde ebenfalls schon besprochen. Die erste Anlage des Embryo zeigt sich nun mitten in diesem Fruchthofe in Gestalt eines länglich eiförmigen erhabenen Schildchens, in welchem die Zellenmasse mehr zusammengedrängt ist, als in der Umgebung, weshalb es dunkler erscheint. Bei der Bildung dieses Schildchens sind einzig und allein die beiden oberen Blätter der Keimhaut interessirt; das Darm-Drüsenblatt nimmt an seiner Bildung durchaus nicht den mindesten Antheil. An demjenigen Ende, welches die nachfolgende Entwickelung des Embryo's als das vordere erkennen läßt, ist dieses Schildchen breiter als nach hinten zu; seine Umgränzung ist nicht sehr scharf, sondern verliert sich in der umgebenden Zellenmasse des Fruchthofes. Offenbar beruht die Erhebung dieses Schildchens nur auf der stärkeren Wucherung und Vermehrung der Zellenmassen, welche die oberen Blätter des Fruchthofes zusammensetzen und zur Bildung der Embryonalanlage sich um eine Längsaxe zu gruppiren beginnen.

Kaum hat sich dieses Schildchen deutlicher erhoben und abgegränzt, so zeigt sich in seiner mittleren Längsaxe ein weißlicher, etwas erhabener Streifen, der *Primitivstreifen* oder die *Axenplatte*, der aber nur sehr vorübergehend in dieser Gestalt auftritt. Bald nämlich erscheint, genau in seiner Mitte und dadurch in der That die Längsaxe des Körpers darstellend, eine helle durchsichtige schmale Linie, welche vorn und hinten in geringer Entfernung von dem Rande des Schildchens aufhört und sich als eine seichte Rinne zu erkennen giebt, die nur dadurch heller erscheint, daß das Zellenmaterial zu beiden Seiten in dem Schildchen stärker angehäuft ist, als in der Rinne selbst. Während nun diese *Primitivrinne* sich allmählich tiefer eingräbt, genauer nach oben und unten begränzt und ihre Ränder zugleich sich wulstförmig erheben, zieht sich das Schildchen von allen Seiten her gegen die Rinne stärker zusammen, wird zusehends länglicher und schnürt sich in der Mitte etwas ein, wodurch zugleich seine beiden Enden breiter erscheinen. Das Schildchen zeigt sich so bald nach dem ersten Erscheinen der Primitivrinne in Gestalt einer länglichen Erhabenheit, welche in dem Durchmesser des fast kreisförmigen Fruchthofes liegt, die Form eines Bis-

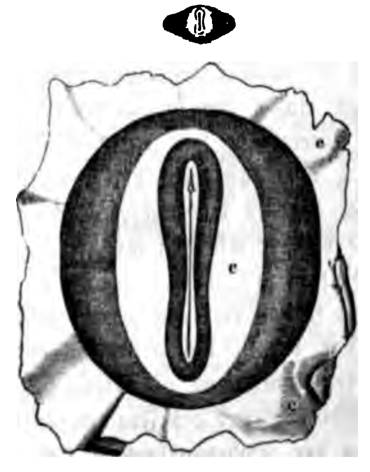


Fig. 90. Ein Hundeei mit der ersten schuhsohlenförmigen Anlage des Embryo's. Oben das Ei in natürlicher Größe, darunter die Embryonalanlage, stärker vergrößert. Die Primitivrinne mit der Rückensaite sind angelegt; die Embryonalanlage (Rückenplatten) erst von einem hellen Hofe (Bauchplatten), dann von einem dunklen, dem Fruchthofe, umgeben.

a. Primitivrinne. b. Rückenplatten. c. Heller Hof. d. Dunkler Fruchthof. e. Haut der Keimblase.

cuit oder einer Schuhsohle hat, und auf ihrer oberen Fläche durch einen Riß bis in eine gewisse Tiefe gespalten ist. Diese Spalte, die **Primitivrinne** oder **Rückenfurche**, ist an ihren beiden Enden etwas breiter als in der Mitte, so daß sie durchaus die Gestalt des biscuitförmigen Schildchens nachahmt. Wir können das Schildchen nun schon mit dem Namen des Embryo bezeichnen, dessen Körper es in der That entspricht, und können somit feststellen, daß die erste Anlage des Embryo des Menschen, sowie aller Wirbelthiere ohne Ausnahme, aus einer länglichen Erhabenheit in Biscuitform besteht, auf deren Rückenfläche in der Längsaxe eine Rinne eingegraben ist, welche aufgewulstete Ränder besitzt. Kein anderer Embryo aus dem Reiche der wirbellosen Thiere zeigt diese ursprüngliche Gestalt, während alle Wirbelthier-Embryonen bei ihrem ersten Auftreten durchaus auf ähnliche Weise gebildet sind, und dadurch bethätigen, daß sie alle einem und demselben Organisationsplane angehören.

Ein Durchschnitt durch einen Embryo in dieser Periode stellt die Theile in der Weise dar, wie sie hier vom Huhne gezeichnet sind. Die ursprüngliche Rückenfurche mit der Primitivrinne in der Mitte hat sich stark vertieft, während die Seiten, welche das Medullarrohr bilden werden, wallartig emporgehoben sind und unmittelbar in die seitliche Fortsetzung, welche die Haut des Körpers bilden wird, in das Hornblatt übergehen. Unter der Primitivfurche, deutlich getrennt und für sich bestehend, zeigt sich die später zu erwähnende Rückensaite (Chorda); zu

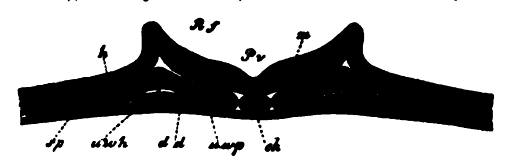


Fig. 91.

Durchschnitt durch einen Hühnerembryo von 24 Stunden, 90 mal vergrößert. Rf. Rückenfurche. Pv. Primitivrinne. m. Medullarrohr in der Bildung. h. Hornblatt. (Alle diese Theile dem Sinnesblatt angehörig.) ch. Rückensaite. uwp. Urwirbelplatte. uwh. Urwirbelhöhle. sp. Seitenplatten — (Alles dem motorischen Blatte angehörig.) dd. Darmdrüsenblatt.

ihren beiden Seiten das körnig gezeichnete motorisch-germinative Blatt, welches sich schon in die Urwirbelplatten mit ihrer Höhle zu sondern beginnt, und darunter, ungetheilt in gleichmäßiger Dicke das Darmdrüsenblatt, welches den Embryo gegen den Dotter abgränzt.

Wir wenden uns nun zunächst nach Feststellung dieser Thatsache, daß die Rückenfurche mit ihren seitlichen Wällen, die sich zum Medullarrohre schließen werden, nur dem Hornblatte angehört, zu der Entwickelung des Nervensystems selbst,

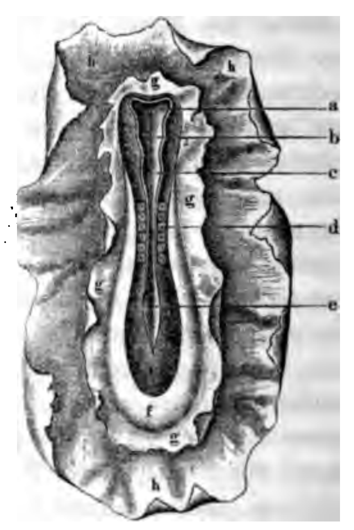


Fig. 92.

Die Embryonalanlage in einem Hundei, etwa 20 Tage nach der Befruchtung. Der über die Keimblase mit der Bauchfläche hingebogene, werdende Embryo ist losgelöst und mit den ihn umgebenden Häuten flach ausgebreitet worden, daß man ihn vom Rücken aus sieht. Die Primitivrinne klafft noch weit auseinander — sie ist überall mit einem hellen Streifen umgeben, der ersten Ablagerung von Substanz an den Wänden der Rinne. In der Tiefe der Rinne sieht man die Rückensaite als dunkleren Streifen. a. Vorderhirn. b. Mittelhirn. c. Hinterhirn — alle drei noch in Gestalt von Ausbuchtungen der Primitivrinne. e. Lanzettförmige hintere Erweiterung der Primitivrinne. (Rhombische Bucht, sinus rhomboidalis.) d. Urwirbelkörper. f. Seitenplatten. g. äußeres und mittleres Blatt der Keimblase, zusammengeheftet. h. Darmdrüsenblatt. i. Körper des Embryo.

indem wir die anderen im Durchschnitte dargestellten Theile einstweilen auf sich beruhen lassen.

Sobald die Primitivrinne einmal angelegt ist, erweitert sie sich besonders an ihrem vorderen Ende und bildet hier mehrere seitliche Aussackungen, deren man ursprünglich drei zählt. Auch in dem hinteren Theile erweitert sich die Rinne ein wenig, so daß sie hier eine lanzettförmige Gestalt erhält. Sobald die vorderen Ausbuchtungen und die hintere lanzettförmige Erweiterung der Rinne sich ausgebildet haben, bildet sich auch auf dem Boden und längs den Rändern der Rinne eine dünne, zarte Schicht glasheller Substanz, welche durch ihre Durchsichtigkeit auffallend von der dunkleren Masse der wulstigen Ränder absticht. Diese helle Substanz, welche, wie gesagt, nur in dünner Schicht die Rinne auskleidet, ist die Uranlage des centralen Nervensystems. Es ist also das Central-Nervensystem, das Gehirn und Rückenmark, welches sich zuerst auf dem Boden einer auf der Rückenfläche offenen Rinne differenzirt. Die Wülste, welche diese Rinne umgeben, entsprechen den noch ungeschiedenen Hüllen des Central-Nervensystems, der Haut, den Knochen, Muskeln und übrigen Gebilden, welche den ganzen Körper mit Ausschluß der Eingeweide zusammensetzen. Das Central-Nervensystem ist also das erste unter allen Organen des Körpers, welches sich in bestimmter Form darstellt, und es giebt sich sonach als das wichtigste primärste Organ des Wirbelthieres überhaupt zu erkennen. Ehe wir seine weitere Entwickelung genauer verfolgen, wird es geeignet sein, überhaupt einige Bemerkungen über die Art und Weise, wie die einzelnen Organe des Leibes sich bilden, hier einzustreuen.

Wir haben gesehen, daß der Fruchthof ursprünglich nur eine einzige Zellenanhäufung darbot, die sich später in zwei und sogleich in drei Blätter spaltete, ein äußeres für die Oberhautgebilde und das centrale Nervensystem mit den Haupt-Sinnesorganen, ein mittleres für Knochen- und Muskelsystem, Geschlechtsorgane und Kreislaufsorgane, ein inneres für den Darm und die Drüsen. Wir sahen ferner, daß das erste dieser Blätter an-

fangs eine homogene Zellenmasse darstellte, welche, in bestimmten Richtungen fortwuchernd, die Formanlage einer Rinne bildete, und daß in dieser Rinne nun die erste Anlage eines differenten Organes, des Central-Nervensystems, sich entwickelte, die sich durch eine eigenthümliche Structur ihrer Bildungsmasse von den Zellen in der Umgebung unterschied, welche noch ihre durchaus homogene Zusammensetzung beibehielten. Was an dem Nervensysteme geschieht, zeigt sich überall bei dem Entstehen der ersten Anlagen anderer Organe. Es erscheinen stets zuerst ganz allgemeine Gesammtanlagen für ganze Gruppen von Organen, welche sich aus der indifferenten Bildungsmasse hervorbilden, und diese Gesammtanlagen theilen sich wieder durch Differenzirung ihrer Elemente in die Anlagen der einzelnen Organe. Die Entwickelung des Embryo schreitet demnach nicht in der Art fort, daß ein bestimmtes Organ zuerst sich ausbildete, dann ein anderes, dann ein drittes u. s. w.; daß also ein einzelnes Organ gleichsam den Mittelpunkt darstellte, um welchen dann die anderen Organe nach und nach sich gruppirten und so den Organismus vervollständigten. Es werden im Gegentheile allgemeine, ganze Organgruppen zusammenfassende Uranlagen gebildet, und diese nach und nach stets mehr und mehr gesondert und in einzelne Organe zerlegt. Das Ei bildet gleichsam den aufgelösten Embryo; — man kann es vergleichen mit einer Auflösung verschiedenartiger Salze, die man durch Krystallisation zu trennen sucht. Wenn auch die Auflösbarkeit dieser einzelnen Salze verschieden ist, so weiß doch der Chemiker gar wohl, daß namentlich diejenigen, welche sich in diesem Punkte näher stehen, vereinigt sich ausscheiden, daß ein Salz das andere mit zu Boden reißt. Erst durch wiederholtes Umkrystallisiren und Reinigen kann man diese Gruppen gemeinschaftlich niedergefallener Substanzen in die einzelnen Salze trennen. Aehnlich verhält sich auch die embryonale Entwickelung. Sie bildet erst Gruppen von Organen in unbestimmter Form, welche durch keinen Unterschied ihrer elementaren Bestandtheile sich in einzelne heterogene Organe trennen lassen. Nach und nach tritt dieser Unterschied in den elementaren Zellen

auf. Sie bilden sich aus je nach der eigenthümlichen Natur des Organes, welchem sie angehören sollen, und mit dieser Ausbildung der Elementarbestandtheile geht auch diejenige der äußeren Form Hand in Hand, bis endlich das ganze Organ nach äußerer Form und innerer Structur so ausgebildet ist, wie wir es in dem Erwachsenen antreffen.

Es ist deshalb thöricht und zeigt von einer gänzlichen Unkenntniß der Gesetze der Entwickelung, wenn man über die Bedeutung der Gesammtanlagen, welche in dem Embryo auftreten, sich abquält und dieselben einem oder dem andern bestimmten Organe vindiciren will. Man hat endlose Streitigkeiten geführt über die Bedeutung der Primitivrinne, welche sich zuerst in der Uranlage des Embryo's zeigt. Die Einen behaupteten, diese hohle, mit Flüssigkeit gefüllte Rinne sei die Uranlage des Nervensystems, und die Wülste, welche sie begränzen, entsprächen den Hüllen des centralen Nervensystems; — die Andern glaubten, die Wülste entsprächen der centralen Nervensubstanz selbst und stellten deren Uranlagen dar. Keines von beiden ist richtig. So lange noch die dünne Schicht von Nervensubstanz sich nicht auf den Boden der Rinne differenzirt hat, entsprechen eben die homogenen Wülste mit dem Schildchen, in welches sie nach den Seiten hin ohne bestimmte Demarcationslinie übergehen, allen Organen des oberen Blattes ohne Ausnahme, und so wie zuerst die Nervensubstanz aus dieser Gesammtanlage sich ausscheidet, so differenziren sich später aus dem mittleren Blatte die Knochen, die Muskeln, die äußere Haut u. s. w.

Betrachten wir nun die Entwickelung des Central-Nervensystems im Zusammenhange, so ist es vor allen Dingen nöthig, uns wohl die Gestalt desselben bei seinem ersten Auftreten in das Gedächtniß zurückzurufen. Es bildet eine dünne homogene Schicht, die den Boden einer an der Rückenfläche offenen Rinne auskleidet, an deren vorderem Ende drei seitliche Ausbuchtungen zu bemerken sind, während hinten eine lanzenförmige Erweiterung sich zeigt. Derjenige Theil des Central-Nervensystems, welcher, wenn man sich den Menschen auf dem Bauche liegend denkt,

dem Boden des Wirbel- und Schädelrohres anliegt, zeigt sich demnach zuerst in der Anlage. Dieser Theil aber ist, wie wir früher sahen, der Hirnstamm, der bewegende und empfindende Theil des Central-Nervensystems, von welchem die peripherischen Nerven entspringen. Der Hirnstamm zeigt sich also in seiner ersten Anlage vor allen anderen Organen des Körpers, namentlich vor den Nerven, die noch nirgends in der umgebenden Masse des Körpers differenzirt sind. Diese besteht noch durchaus aus vollkommen homogenen Zellen, in welchen die genaueste Beobachtung keinen Unterschied zu erkennen vermag. Die Ausbuchtungen, welche man an dem Kopfende der Rinne bemerkt, und die ebenfalls ihrem Boden entlang mit einer solchen dünnen Schicht von Nervensubstanz ausgekleidet sind, entsprechen den späteren Hauptabtheilungen des Gehirnes, der mittlere engere Theil der Rinne dem Rückenmark, und seine hintere Erweiterung einer eigenthümlichen Spaltung des Rückenmarkes in der Lendengegend, die bald verschwindet, bei manchen Thieren aber, z. B. den Vögeln, sich bleibend erhält und auch zuweilen bei neugeborenen Kindern abnorm entwickelt in Form eines wasserhaltigen Sackes an der angegebenen Stelle sich findet.

Die erste Tendenz der Bildung in dem Central-Nervensysteme geht dahin, die Rinne zuzuwölben und zu einer Röhre zu schließen, welche ringsum von Nervensubstanz ausgekleidet ist. Man beobachtet, wie zu diesem Endzwecke die Wülste, welche die Rinne und ihre Ausbuchtungen begränzen, sich erheben und allmählich, gleich den Bogentheilen eines Tunnels, den man zuwölbt, von beiden Seiten nach der Mittellinie hin gegen einander streben. Die Wülste bestehen dann noch gänzlich aus gleichartigen Zellen, und in gleichem Maße, wie dieses Mauerwerk von Zellen sich überwölbt und in der Mittellinie schließt, wölben sich auch im Inneren die Ränder der Nervensubstanz einander entgegen und schließen sich an den meisten Stellen ebenfalls in der Mittellinie zusammen. Während dieses Vorganges verschwindet schon die hintere linsenförmige Ausweitung der Rinne so ziemlich. Dagegen erhalten sich die vorderen Kopf-

ausbuchtungen und verwandeln sich durch die Ueberwölbung in Blasen. Nur an einer einzigen Stelle, nämlich in dem Nacken, da wo wir bei dem Erwachsenen das verlängerte Mark sehen, wölbt sich die Nervensubstanz nicht zu einer Röhre zusammen, sondern behält hier die ursprüngliche Gestalt einer Hohlkehle, die nach oben offen oder nur von einem sehr dünnen Blättchen überzogen ist. Die Wülste, welche sich später in die Hüllen und Bedeckungen des centralen Nervensystemes verwandeln, wölben sich indeß auch an dieser Stelle zu einem vollständigen Schlusse, so daß die weitere Ausbildung des Central-Nervensystems in einem durchaus geschlossenen Rohre statthat, welches vornen drei primitive Gehirnblasen erkennen läßt.

Bei dieser Zuwölbung trennt sich die äußerste Schicht des Hornblattes von dem darunter liegenden, nun geschlossenen Medullarrohre, so daß nun bei einem Durchschnitte die Theile sich schon wesentlich verändert darstellen. Das Hornblatt, welches auf dem früheren Durchschnitte (Fig. 91) in das Medullarrohr überging, läuft nun continuirlich über dasselbe weg; das Medullarrohr ist vollständig zum Rohre geschlossen mit großer Höhle im Innern; die dem mittleren Blatte angehörigen Theile haben sich mehr differenzirt, während das Darmdrüsenblatt noch unverändert geblieben ist.

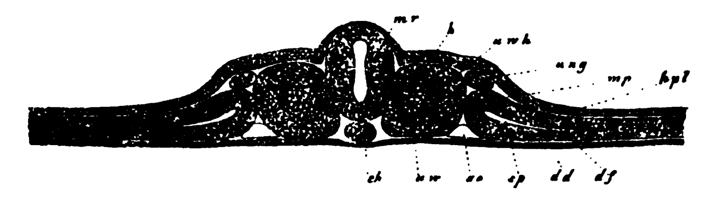


Fig. 93.

Querschnitt eines Hühnchens vom 2. Tage, 90 mal vergrößert.

h. Hornblatt, über der Vereinigungsstelle verdünnt. mr. Medullarrohr, jetzt schon zum hohlen Rückenmarke geschlossen. ch. Rückensaite. uw. Urwirbel mit der ausgefüllten Höhle uwh in der Mitte. hpl. Hautplatten und df. Darmfaserplatten, durch Differenzirung der ursprünglichen Seitenplatten entstanden und durch den Spalt sp getrennt; ao. Ur-Aorten; ung. Urnierengänge.

Das vorderste Ende der Primitivrinne erscheint bei dem ersten Auftreten der seitlichen Ausbuchtungen leicht nach innen eingedrückt, so daß die vorderste Hirnblase gleichsam die Gestalt eines Kartenherzens hat, dessen eingeschnittene Seite nach vorn, die Spitze nach hinten schaut, während die beiden Flügel seitlich sich ausdehnen. Diese vordere Ausbuchtung bleibt aber nicht lange; sie verstreicht sich, wölbt sich allmählich im Bogen nach vorn hervor und bildet bald eine hervorspringende Ecke, welche

Fig. 95. Fig. 94. Fig. 96.

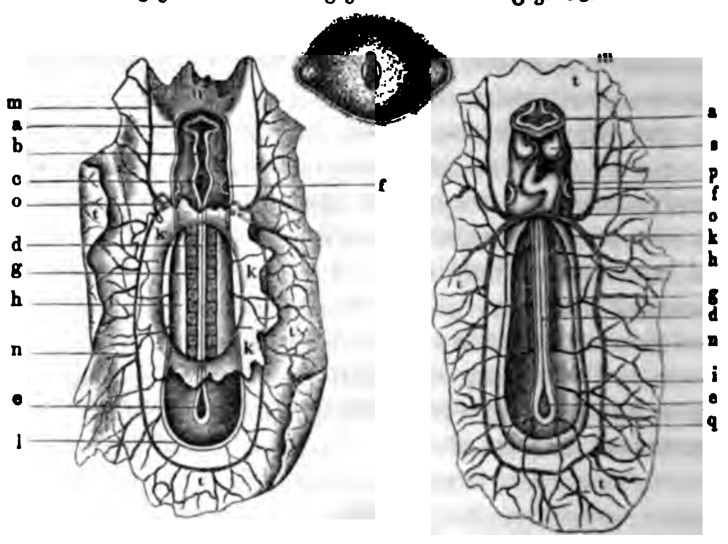


Fig. 94. Ein Hundeei von etwa 23 Tagen in natürlicher Größe. Man unterscheidet deutlich die äußere Eihaut (Chorion), dicht mit Zotten besetzt, und die innere, aus den Embryonalblättern gebildete Eiblase. In der Mitte sieht man den Embryo, welche die Figuren 95 und 96 zehnmal vergrößert vom Rücken und vom Bauche her darstellen. Das Hirn und Rückenmarksrohr sind bis auf die Hirnblasen und die hintere Rhombenbucht geschlossen; die Kopfbeuge bildet sich aus, so daß schon das Kopfende des Embryo's mit den beginnenden Augenbuchten gegen die Bauchseite eingebogen ist. Die Ohrbläschen sind angelegt; das Amnios ist von allen Seiten her über den Embryo hergewachsen, aber über der Mitte des Rückens noch offen, so daß hier ein ovaler Raum besteht, wo der Rücken frei liegt; das Herz und der erste Kreislauf, so wie der erste Kiemenbogen sind ausgebildet, die Bauchplatten noch nicht geschlossen, sondern noch weit offen, so

daß der hintere Theil des Embryo, von der Bauchfläche aus, einer seichten Wanne ähnlich sieht. Die Buchstaben sind für beide Figuren gleich.

a. Vorderhirn mit den beiden seitlichen Augenbuchten. b. Mittelhirn. c. Hinterhirn. d. Rückenmark. e. Rhombenbucht. f. Ohrbläschen. g. Wirbelkörper. h. Rückenplatten. i. Umgekrempter Rand derselben, zum Schluß der Bauchwände. k. Das rundum abgerissene Amnios, noch offen über dem Rücken. l. Die den Embryo umgebende Falte des Amnios. m. Vordere Dottervene. n. Hintere Dottervene, mit der von der entgegengesetzten Seite einen Kranz bildend. o. Große hintere Herzvene, in der sich beide Venen vereinigen und so in den Sförmig gewundenen Herzschlauch p. eintreten. q. Hintere Wirbelarterien, die Dotterarterien abgebend. s. Der erste Kiemenbogen, der sich später zum Unterkiefer ausbildet. t. Das Darmdrüsenblatt. u. Vorderer Eindruck desselben, durch die Kopfbeuge verursacht.

sich von den seitlichen Flügeln der Blase mehr und mehr abschnürt. Je weiter diese Abschnürung vorschreitet, desto mehr bildet sich auch diese vorspringende Ecke aus. Sie wird allmählich zu einer blasenförmigen Vorragung, die sich endlich in der Mittellinie mehr und mehr einschneidet und so zwei seitliche Hälften darstellt, welche mit großer Schnelligkeit sich bedeutend ausdehnen und zwei vordere Blasen bilden, die übermäßig wachsen und über die anderen Hirnblasen hinüberwuchern. Diese beiden vorderen Blasen bilden das Vorderhirn, sie entwickeln sich zu den Hemisphären des großen Gehirns. Das Vorderhirn ist demnach in den primitiven Ausbuchtungen der Rinne in den drei primitiven Hirnblasen gar nicht enthalten, sondern es entwickelt sich erst nach der Anlage derselben aus dem anfänglich eingedrückten vorderen Ende der Nervenröhre, welches zwischen den beiden seitlichen Flügeln der vordersten Hirnblase hervorsproßt.

Dieses vordere Paar seitlicher Flügel mit dem sie verbindenden Mittelstücke, die erste primitive Gehirnblase, nennen wir das Zwischenhirn oder Sehhirn, weil aus ihm die Augen hervorsprossen. Je mehr nämlich die Bildung der Nervensubstanz fortschreitet, desto mehr schnüren die seitlichen Flügel oder Ausbuchtungen dieser Blase, indem sie zugleich seitlich sich ausdehnen, von dem Mittelstücke sich ab, und stellen sich bald als zwei runde Säcke dar, deren jeder durch eine kurze weite

Röhre mit dem Mittelstücke in Verbindung steht. Diese beiden seitlichen gestielten Säcke sind die Rudimente der Augen, die man oft die Augenbuchten nennt, und der hohle Stiel, welcher jede dieser Augenbuchten mit dem Mittelstücke verbindet, ist der ursprüngliche Sehnerv. Die mittlere Blase, in welcher diese Sehnerven münden, wölbt sich zu einem unpaaren, anfänglich röhrenartigen Theile zusammen, in welchem sich später die Sehhügel entwickeln. Die zweite primitive Hirnblase erfährt nie eine solche Ausbildung, wie die erste, sondern bleibt stets auf einer mäßigen Stufe der Entwickelung stehen. Indem sie sich in der Mittellinie zusammenwölbt und an der Vereinigungsstelle bedeutend einsenkt, entstehen die Vierhügel, deren wir schon früher bei der Behandlung der Functionen des Nervensystems als mit der Function des Sehens wesentlich betraut gedachten.

Die dritte primitive Hirnblase endlich kann füglich in zwei Theile getheilt werden. In dem vorderen Theile, der Hinterhirn- oder Kleinhirnblase, wölbt sich die Nervensubstanz vollständig zusammen und läßt so das kleine Gehirn entstehen, während in der Nachhirnblase die Nervensubstanz nur auf dem Boden wuchert, sich aber nicht zu Gewölbtheilen erhebt.

Bei den höheren Wirbelthieren und dem Menschen bilden sich während der Entwickelung des Gehirnes zwei, oder, wenn man will, selbst drei äußerst merkwürdige Einknickungen aus, die bei den niederen Wirbelthieren nur schwach angedeutet sind. Beim Beginne seiner Entwickelung krümmt sich nämlich der Embryo gleichmäßig im Bogen um die Kugel des Ei's herum, und es bedarf nur der Ablösung von derselben, um ihn völlig horizontal und platt auf seine Bauchseite ausbreiten zu können. Sobald aber die primitiven Hirnblasen ausgebildet sind, ändert sich dieses Verhältniß. Der Embryo beugt sich mit seinem Kopfe, dessen Unterfläche von der Peripherie des Ei's sich losgelöst hat, nach innen gegen dasselbe ein und knickt den vorderen Theil des Kopfes gegen die Brust hin nieder. Diese Einknickung findet sich an der Stelle der späteren Brücke, an der Gränze zwischen dem Mittelhirne und dem Nachhirne, und ist so be-



Fig. 97. Ein etwa 26 Tage alter Hundeembryo, fünfmal vergrößert, von der Seite gesehen.

a. Vorderhirn mit der Scheitelbeuge. b. Zwischenhirn. c. Mittelhirn. d'. Kleines Gehirn. d. Nachhirn. e. Auge. f. Ohrbläschen, durch einen Stiel (Hörnerven) mit dem Nachhirn zusammenhängend. g. Oberkiefer. h. Unterkiefer (erster Kiemenbogen). i. Zweiter Kiemenbogen. k. Rechte Vorkammer des Herzens. l. Linke Kammer. m. Rechte Kammer. n. Aortenstiel. o. Leber. p. Herzbeutel. q. Darmschlinge, in welches das Nabelbläschen s. mit seinem Stiele r. einmündet. t. Allantois. u. Amnios. v. Vordere Extremität. x. Hintere Extremität. w. Wirbelsäule. y. Schwanz. z. Nase. 1. Kopfbeuge oder Brückenkrümmung. 2. Nackenbeuge.

deutend, daß sie mehr als einen rechten Winkel beträgt. Die Basis des Nachhirnes und diejenige des Mittelhirnes, welche uranfänglich in gleicher Ebene lagen, sind, sobald die Kopfbeugung den höchsten Grad erreicht hat, nur durch einen schmalen Sporn von Zwischensubstanz von einander getrennt. Man hat diese Einknickung die *Kopfbeuge* oder Brückenkrümmung genannt; ihr entspricht an der Außenfläche eine höckerartige Vorragung; das Mittelhirn behauptet gerade die Spitze dieses *Kopfhöckers*.

Eine zweite Beugung, die zwar nicht so scharf ist, als die vorige, aber dennoch fast einen rechten Winkel beträgt, zeigt sich bei dem Uebergange des Rückenmarkes in das Nachhirn. Auch diese Beugung, die man unter dem Namen der Nackenbeuge und des Nackenhöckers kennt, ist den höheren Wirbelthieren eigenthümlich, indem sie bei den niederen nur angedeutet ist. Endlich zeigt sich dann noch eine dritte Einbiegung am Zwischen- und Vorderhirn, die gegen den Dotter hingebogen sind, und die man die Scheitelbeuge und den Scheitelhöcker nennen kann. Sobald diese drei Biegungen sich vollständig entwickelt haben, kann man den vorderen Theil des Embryo's in seiner Gestalt sich nicht besser versinnlichen, als wenn man den Finger, den Zeigefinger z. B., so stark wie möglich in seinen sämmtlichen Gliedern beugt; die Beugefläche des Fingers entspricht dann der Bauchfläche des Embryo: das erste Gelenk der Scheitelbeuge, das zweite Gelenk der Kopfbeuge und das Handgelenk des Fingers der Nackenbeuge des Embryo.

Diese Einknickungen sind nicht etwa vorübergehender Art, so daß sich der Embryo leicht auf einer horizontalen Unterlage gerade legen ließe. Sie sind vielmehr auf tiefwurzelnden organischen Verhältnissen begründet, und zwar hauptsächlich auf der Ausbildung der festeren Theile des Skeletts und des Kleinhirnzeltes, über welche die Hirntheile hinauswuchern. Durch die Existenz dieser beiden Einknickungen, welche das Studium der an der Bauchfläche des Halses gelegenen Theile sehr erschweren, theilen sich die Embryonen der Wirbelthiere in zwei große Abtheilungen. In der einen dieser Abtheilungen, zu welcher die Säugethiere, die Vögel und die beschuppten Reptilien gehören, sieht man eine starke Kopf- und Nackenbeuge; man findet bei diesen Embryonen die Entwickelung eines Amnios, zur Umhüllung des Embryo, und ferner diejenige einer Allantois oder eines Harnsackes, zur Ausbildung ernährender Gefäße für den Fötus. In der zweiten großen Abtheilung, derjenigen der niederen Wirbelthiere, bei den Fischen und nackten Amphibien, sind Kopf- und Nackenbeuge nur sehr unbedeutend entwickelt und kaum angedeutet,

zugleich fehlt die von dem Embryo ausgebildete Hülle oder Schafhaut und nicht minder der Harnsack vollkommen. Wie leicht einzusehen, ist durch diese Unterschiede ein sehr verschiedener Plan der embryonalen Entwickelung angedeutet, und es rechtfertigt sich dadurch vollkommen die Ansicht derjenigen Naturforscher, welche in dem Wirbelthierreiche nicht vier, sondern wenigstens fünf Klassen annehmen, und die beschuppten Reptilien oder die Schildkröten, Krokodile, Eidechsen und Schlangen, von den nackten Amphibien, den Fröschen und Molchen trennen. Es ist hier nicht der Ort, weiter auf die Verhältnisse einzugehen, die äußerst interessant sind, sowohl für die Entwickelung des Embryo im Allgemeinen, als auch in Beziehung auf die Schlüsse, welche man daraus für die Zoologie entnehmen kann.

Verfolgen wir noch kurz die Entwickelung der einzelnen Hirntheile, so ist vor Allem darauf aufmerksam zu machen, daß die Anlage und Ausbildung der festeren Nervensubstanz hauptsächlich von dem Boden und den Seitentheilen her geschieht, und so die ursprünglich ungemein großen Höhlen der verschiedenen Gehirnblasen nach und nach ausgefüllt und auf dasjenige geringe Verhältniß reducirt werden, welches sie in dem Erwachsenen behaupten. Es erscheinen demzufolge die festen Theile der Gehirnsubstanz anfänglich nur in Gestalt äußerst dünner blättchenartiger Schichten, welche den Boden, die Wände und die Decken der Hirnblasen überkleiden, und deren große Weichheit und Zartheit der Untersuchung viele Hindernisse entgegenstellen. Diese werden im Anfange einigermaßen aufgewogen durch die glashelle Durchsichtigkeit, welche die Nervensubstanz sowohl als auch die sie umgebenden noch indifferenten Zellenmassen besitzen. Später aber, wenn theils die Hüllen des Schädels und die Wirbelsäule undurchsichtiger und dunkler geworden sind, theils auch die Nervensubstanz sich selbst in größerer Masse angehäuft und dadurch ihre Durchsichtigkeit verloren hat, später, sage ich, ist diese Zartheit der Substanz, ihr Zerfließen gleichsam unter ihrem eigenen Drucke, ein wesentliches Hinderniß der Untersuchung. Wir haben

deshalb auch erst in den neuesten Zeiten genügende Aufschlüsse über die fernere Ausbildung der einzelnen Hirntheile erhalten.

Die Hemisphären des großen Gehirns bilden sich, wie schon bemerkt, aus der vordern unpaaren Endigung des primitiven Nervenrohrs, die nach und nach zu einer blasenartigen Erhebung anschwillt. Die Entwickelung der Nervensubstanz schreitet anfänglich hauptsächlich nach hinten hin fort und bewirkt dadurch die zunehmende Sonderung dieses Theiles von den Augenbuchten, die anfänglich nur unvollständig abgetrennt sind. Während nun die Gewölbtheile in der Mitte zusammenwachsen, bildet sich hier eine Einsenkung, wodurch die ursprünglich einfache Hemisphärenblase in zwei Hälften zerlegt wird, die anfänglich noch durch eine gemeinschaftliche Höhle mit einander verbunden sind. Die Wucherung der Nervenmasse ist nun namentlich in den Hemisphären äußerst bedeutend. Diese dehnen sich immer mehr nach hinten aus, wuchern über das Zwischenhirn, dann über das Mittelhirn seitlich weg und überdecken diese beiden Hirnblasen so, daß die Hemisphären endlich an dem Hinterhirn anstoßen, das nach und nach ebenfalls gänzlich überwuchert wird. Anfänglich findet diese Ueberwölbung der mittleren Hirntheile durch die Hemisphären nur mehr seitlich statt, so daß man bei der Ansicht des Gehirnes von oben das Mittelhirn noch in der Mittellinie erblicken kann, während später bekanntlich dieses nicht mehr der Fall ist. Der vordere Theil des Mittelhirnes, die Sehhügel, werden bei dem menschlichen Embryo gegen das Ende des dritten Monates, der hintere Theil oder die Vierhügel etwa in dem fünften Monate überwölbt, und gegen das Ende des siebenten Monats überragen die Hemisphären schon das kleine Gehirn eben so vollständig, wie im Erwachsenen. Eine Folge dieser außerordentlich raschen Entwickelung der Gewölbtheile der Hemisphären ist die anfängliche Zusammenfaltung derselben, so daß Furchen der Oberfläche entstehen, welche inneren Vorsprüngen der Substanz entsprechen. Später, wenn die Hirnwandungen dicker geworden sind, glätten sich diese Furchen wieder, um noch später jene Windungen der Oberfläche entstehen zu

lassen, die um so mehr an Zahl und Tiefe abnehmen, je weiter wir in die Reihe der Säugethiere zurückgehen. Die Windungen bilden sich erst gegen das Ende der Schwangerschaft vollständig aus, und sind offenbar theilweise dadurch bedingt, daß das Gehirn stärker wächst, als die es einschließende Kapsel des Schädels. Während diese Wucherung der Gewölbtheile stattfindet, vermehrt sich auch die Nervenmasse auf dem Boden, an den Seiten und an der gewölbten Decke der Hemisphärenhöhle mit großer Schnelligkeit. Die Falte, welche beide Hemisphären von einander trennte, senkt sich immer tiefer hinab, und bildet endlich eine Scheidewand, wodurch die ursprünglich einfache Hirnhöhle in zwei seitliche Höhlen getrennt wird. Auf dem Boden dieser seitlichen Höhlen erheben sich nun zwei ursprünglich bohnenförmige Anschwellungen, die Rudimente der gestreiften Körper oder der Streifenhügel, und der Raum, welcher zwischen dieser und der Hemisphärendecke übrig bleibt, wird endlich so verringert, daß die Nervensubstanz sich fast durchaus berührt, und die Hirnhöhlen im normalen Zustande bei dem Erwachsenen kaum einen Theelöffel voll Flüssigkeit enthalten können. Es geht somit aus der Entwickelungsgeschichte der Hemisphären hervor, daß die Streifenhügel wesentlich zum Hirnstamme der Hemisphären gehören, daß sie eine Wucherung, eine specielle Entwickelung des Bodens der Hemisphärenblase bilden, und daß sie niemals außerhalb dieser Hemisphärenblase gesucht oder gefunden werden können.

Die Entwickelung des Mittelhirns ist in jeder Beziehung weit einfacher, als diejenige des Vorderhirns, und namentlich ist die Ausbildung der Gewölbtheile hier durch die Wucherung der Hemisphären bedeutend beschränkt. Betrachtet man den Hergang der Entwickelung des Zwischenhirns genauer, so zeigt es sich, daß dasselbe gar nicht gewölbartig sich schließt, sondern daß nur der Hirnstamm an dieser Stelle stärker wuchernd vom Boden aus den Raum ausfüllt, welchen ihm die Hemisphären übrig lassen. Die ursprüngliche Höhle bleibt deshalb in Form einer Spalte bestehen, in welche man offen von oben hineinschauen würde, wenn nicht die Hemisphären dieselben überwölb-

ten. Zu beiden Seiten dieser Spalte liegen die Sehhügel, welche sich demnach als wesentliche Theile des Hirnstammes zu erkennen geben.

Complicirter Art sind die Bildungen, welche außer den Sehhügeln auf dem Boden, oder vielmehr an der Unterfläche des Zwischenhirns sich entwickeln und dort den Hirntrichter mit dem Hirnanhange ausbilden. Der Hirntrichter selbst sollte nach früheren Angaben eine Aussackung dieses Bodens der Zwischenhirnhöhle sein, welche unmittelbar vor dem Ende der Axe des knöchernen Skeletts, der Wirbelsaite oder Chorda, sich gegen die Mundhöhle hinabsenkte. Man muß hier bedenken, daß bei jüngeren Embryonen, wo diese Aussackung des Hirntrichters sich bildet, die Nasenhöhle mit ihren hinteren Gängen noch nicht gebildet ist und daß demnach das Dach der Mundhöhle zugleich den Boden bildet, auf welchem die Basis des Gehirns aufruht. Man denke sich den knöchernen Gaumen weggebrochen, dadurch die Mund- und Nasenhöhle in eine einzige geräumige Höhle verwandelt, und man wird etwa eine Anschauung dieser Verhältnisse haben. Indem nun der Boden des Zwischenhirns sich ein wenig nach unten einsenkt, sollte ihm eine Aussackung des Daches der Mundhöhle entgegenkommen, die sich mehr und mehr erhebt, und so endlich einen Beutel bildet, dessen Grund nach oben, gegen das Gehirn, schaut, während von unten her, von der Mundhöhle aus, ein offenes Loch in die Höhle dieses Beutels führt. Dieses Loch schlöße sich allmählich; der Beutel schnüre sich ab, verwachse mit der trichterförmigen Aussackung, welche ihm von dem Gehirne aus entgegenkomme, und bilde so den Hirnanhang, welchen man bei dem Erwachsenen an der Basis des Gehirnes unmittelbar hinter der Kreuzung der Sehnerven sieht. Der Hirnanhang sei demnach kein ursprünglicher Theil des Gehirns, sondern eine Production des Daches der Mundhöhle, welche sich von diesem ablöst, und mit der ihm entgegenkommenden Basis des Hirntrichters verwächst. Neuere Untersuchungen haben zwar den größten Theil der Thatsachen,

auf welchen diese Darstellung beruht, bestätigt, gegen die Art der Bildung selbst aber gewichtige Zweifel erheben lassen.

Außerordentlich einfach sind die Umwandlungen, welche das eigentliche Mittelhirn, oder die Vierhügelblase erfährt. Der Ansatz der Nervensubstanz geschieht fast gleichmäßig von allen Seiten, so daß die ursprüngliche Höhle in einen feinen Kanal, die Sylvische Wasserleitung, umgewandelt wird, welcher in der Mittellinie zwischen den vier Hügeln sich hinzieht, die eigentlich nur eine einzige, durch eine oberflächliche, kreuzförmige Einsenkung geschiedene Masse bilden.

In der Zelle des Hinterhirns bleibt die Ueberwölbung der nur durch Hüllensubstanz geschlossenen Röhre anfangs lange zurück, bis endlich an dem vorderen Theile die Nervenmasse von den Seiten und von oben her sich zusammenwölbt, und so eine Lamelle darstellt, welche senkrecht auf dem Hirnstamme aufsitzt und, von der Seite gesehen, wie ein gerader Pfeiler aussieht. Dieser Pfeiler, die erste Anlage des kleinen Gehirnes, wächst nun zuerst hauptsächlich nach hinten hin aus, und zwar nur in seiner oberen Partie, so daß er, von der Seite gesehen, wie ein dicker, kurzer, gekrümmter Haken erscheint. Allmählich legt sich nun dieser Haken, der sogar in eine Art Deckplatte über der Rautengrube auszulaufen scheint, bei stetem Fortwachsen über die auf dem Boden der Nachhirnblase angesammelte Nervenmasse herüber, die sich nie zuwölbt, und bedeckt diese etwa in ähnlicher Art, wie die Hemisphären des großen Gehirnes das Mittelhirn bedecken. Während auf diese Weise das kleine Gehirn in seinem mittleren Theile sich ausbildet und auch nach den Seiten hin auswuchert, um seine Hemisphären zu bilden, wächst auch zugleich die Nervensubstanz in dem Stamme des Hinterhirnes und des Nachhirnes, und bildet dort jene verschiedenen Stränge, grauen Knoten und queren Fasermassen, welche die Anatomen unter dem Namen der Brücke, der Oliven und der Pyramiden kennen.

Die Ausbildung des Rückenmarkes in seiner ganzen Länge ist äußerst einfach. Die ursprüngliche Nervensubstanz zeigt

hier die Gestalt einer dünnen Hohlkehle, die von dem Boden aus nach den Seiten wuchert, sich allmählich mehr und mehr verdickt, endlich sich zuwölbt, und zuletzt, nachdem die innere Höhlung sich fast vollständig geschlossen hat, auch oben längs der Mittellinie zusammenwächst. In Folge dieser Schließung bleibt noch am längsten in der Mitte des Rückenmarkes ein feiner Axenkanal übrig, der indessen auch noch vor der Geburt des Embryo mit Nervensubstanz erfüllt wird.

Die Entwickelung der Elemente des Nervensystems ist je nach der Natur dieser Elemente selbst verschieden. Die Nervenzellen, mögen sie nun in dem Gehirne oder in den Ganglien vorkommen, sind stets nur directe Umwandlungen von Embryonalzellen, welche in Fortsätze auswachsen, die sich mit den Nervenröhren verbinden. Diese entstehen in den peripherischen Nerven aus spindelförmigen kernhaltigen Zellen, die sich zu blassen, platten Röhren verbinden, welche anfangs grau erscheinen, dann aber nach und nach dunklere Ränder erhalten und das fettige Mark, sowie den Axencylinder erkennen lassen. Die Nervenendigungen endlich entstehen aus spindelförmigen oder sternförmigen Zellen, die in höchst feine, blasse, verästelte Fäserchen auslaufen, welche mit einander ein weitmaschiges Netz bilden. Diese Fasern verdicken sich allmählich, und sobald sie auf einen gewissen Grad der Dicke angelangt sind, differenzirt sich ihre Masse in der Weise, daß man in ihrem Inneren eine zwar dünne, aber doch dunkelrandige Primitivröhre sieht. Da diese Differenzirung von dem Centrum nach der Peripherie hin fortschreitet, so sieht es gerade so aus, als wüchse die Primitivröhre in die blasse embryonale Faser hinein. Dies ist indeß um so weniger der Fall, als auch in solchen Organen, bei welchen durch Mißbildung eine Trennung vom Gehirne und Rückenmarke stattfindet und bei Embryonen, denen das Centralnervensystem gänzlich fehlt, dennoch in den peripherischen Organen sich Nerven bilden.

Vierundzwanzigster Brief.

Die Sinnesorgane.

Die Entwickelung der drei hauptsächlichsten Sinnesorgane des Kopfes: des Auges, des Ohres und der Nase, steht in bestimmten Beziehungen zu derjenigen des Gehirnes, und es zeigt sich hier eine gewisse Abstufung in diesen Beziehungen, welche gewiß nicht ohne Bedeutung für den Werth dieser einzelnen Organe ist. Die Uranlage des Auges ist ursprünglich ein Theil des Gehirnes selbst, und die äußeren Theile, welche das Auge zusammensetzen helfen, treten erst später zu dieser Uranlage hinzu. Das Ohr zeigt sich bald nach dem Auge; — seine Uranlage scheint im Anfange isolirt und tritt erst in späterer Zeit, wenn gleich noch immer ziemlich früh, mit dem Centralnervensysteme in Verbindung. Die Nase endlich entwickelt sich erst viel später, als die beiden andern Sinnesorgane, und tritt auch nur sehr spät durch die Riechnerven in Verbindung mit dem Gehirne.

Was nun zuerst das Auge betrifft, so haben wir gesehen, daß die Uranlagen der beiden Augen in den seitlichen Ausbuchtungen der ersten primitiven Hirnblase, der Zwischenhirnblase, gegeben sind. Die Beobachtung bestätigt sonach keineswegs die Annahme, welche man aufgestellt hat, daß die Augen aus einem einzigen unpaaren Rudimente entstünden, welches sich bei fortschreitender Entwickelung in zwei Hälften trenne, deren jede sich zu einem Auge entwickele. Man glaubte durch diese Anwendung jene Mißgeburten erklären zu können, welche man unter dem

Namen der Cyclopen bezeichnet, und wo, statt zwei seitlichen, nur ein einziges mittleres Auge existirt. Es kann indeß keinem Zweifel unterliegen, daß diese Ansicht eine falsche ist, da die Beobachtungen unwiderleglich darthun, daß die zwei ursprünglichen Rudimente der Augen seitlich in Form blasenförmiger Ausbuchtungen auftreten, freilich aber allmählich mehr nach unten rücken und eine Zeitlang durch ihre hohlen Stiele mit einander zusammenhängen.

Die seitliche Blase, welche das Urrudiment des Auges darstellt und welche man die primäre Augenblase genannt hat, überwölbt sich von oben und von den Seiten her schon früh mit Nervensubstanz und hat nun die Gestalt einer hohlen Birne, deren Stiel in das Zwischenhirn einmündet. Auf der unteren Seite aber zeigt die Augenblase eine von Anfang an existirende Rinne, die man unrichtig einen Spalt genannt hat und welche der Länge nach auf dem Sehnerven nach vorn läuft. Diese Rinne, welche auf die Bildung der sämmtlichen hinteren Augentheile, Netzhaut, Glaskörper, Gefäßhaut und harte Haut den entschiedensten Einfluß äußert, schließt sich später in der Weise, daß ihre Ränder zusammenwachsen und so die Centralarterie in sich aufnehmen, welche bei den Säugethieren und dem Menschen in der Axe des Sehnerven verläuft und den dunklen Fleck im Sehfelde verursacht, dessen wir früher erwähnten. Die ursprüngliche Augenblase selbst ist mit Flüssigkeit gefüllt, welche mit derjenigen in der Hirnhöhle durch den hohlen Stiel communicirt. Da diese Flüssigkeit durchaus wasserklar, die Nervensubstanz aber ebenfalls sehr durchsichtig ist, so erblickt man in diesem frühen Entwickelungsstadium die Augen bei der Seitenlage des Embryo als zwei sehr helle Doppelringe, deren Mitte wie ein rundes Loch erscheint. Die birnförmigen Blasen drängen nun bei fortschreitender Entwickelung, zumal da die Hemisphären sich zwischen ihnen wölben, mehr und mehr nach Außen hin. Ihr hohler, in Folge der Hohlkehle ursprünglich rinnenförmiger Stiel, der zukünftige Sehnerv, verlängert sich mehr und mehr, und so kommt es denn, daß wir bei den jungen Embryonen die Augen ganz seitlich an dem

Kopfe, etwa wie bei einem Rinde, gestellt sehen. Die Augen besitzen zugleich schon bei ihrem ersten Auftreten eine verhältnißmäßig ungeheuere Größe, so daß schon mancher Anfänger in der Entwickelungsgeschichte sie bei den ersten Embryonen, welche ihm unter die Hand fielen, verkannt haben mag.

Die Augenblasen sind in Folge ihres Hervordrängens nach Außen an der Peripherie außer der Zellenlage der Epidermis nur von einer dünnen Schicht embryonaler Substanz überzogen, während an dem Grunde einer jeden Blase, zwischen ihr und dem Gehirne, in der Umgebung des hohlen Sehnervens eine größere Masse von Bildungsmaterial angehäuft ist. Die Schicht pflasterartiger heller Zellen, welche die Oberhaut des Embryo's bildet, geht glatt über sie weg, ohne Spur von Falten oder Einsenkungen. Der Bildungsgang im Großen ist nun der, daß sich im Innern der Blase, aus der dort vorhandenen Flüssigkeit, wie beim Gehirn, die Nervensubstanz der Netzhaut niederschlägt, während aus der umgebenden Embryonalsubstanz sämmtliche andere Augentheile, besonders aber die Hüllen, sich differenziren, und zwar in der Weise, daß das Hornblatt nebst der darunter liegenden, von den Kopfplatten stammenden Substanz durch eine Einstülpung die Linse mit dem Glaskörper liefert und nach innen gegen die sich einbiegende, primäre Augenblase verwächst.

Das nächste Organ, welches sich bildet, ist die Linse. In der Mitte der zarten Zellenhaut nämlich, welche die Augenblase als Fortsetzung der äußeren Haut überzieht, gewahrt man schon sehr früh eine tellerförmige Grube, deren Grund sich stets mehr und mehr nach Innen hin vertieft. Bald stellt diese Grube einen Beutel dar, in welchen von Außen her eine Oeffnung führt, die, Anfangs weit, sich stets mehr und mehr verengert und endlich sich ganz verschließt, so daß dann der ursprüngliche Beutel in Gestalt eines kugelförmigen Säckchens, das rundum abgeschlossen ist, an der Innenfläche der äußeren Haut zurückbleibt. Dieses Säckchen, das in seinem ganzen Umfange aus eben so abgeplatteten polyedrischen Zellen besteht, wie die äußere Haut selbst, ist nichts anderes als die Linse. Diese, ursprünglich eine sehr

dickwandige Kapsel darstellend, füllt sich im Inneren und zwar namentlich vom Grunde her mit streifigen Zellen, aus welchen dann später die eigenthümlichen Linsenfasern sich entwickeln. Die Linse ist demnach nichts anderes, als eine sackförmige Einstülpung der äußeren Haut, welche dem von dem Nervensysteme ausgehenden Augenrudimente etwa in ähnlicher Weise entgegenkommt, wie die oben beschriebene Einstülpung des Mundbaches, welche den Hirnanhang bilden soll, dem von der zweiten Hirnhöhle aus sich entwickelnden Hirntrichter entgegenwächst. In Folge dieser eigenthümlichen Entstehungsweise des Linsensystems, die jetzt in übereinstimmender Weise durch mehrere Beobachter bei allen Wirbelthierklassen und den Sepien aufgefunden wurde, zeigt sich die Linse auch stets bei jungen Embryonen hart an der Innenfläche der äußeren Haut anliegend. Erst in späterer Zeit trennt sie sich von dieser Verbindung mit der äußeren Haut und drängt mehr gegen den Grund des Auges hin, bis sie diejenige Stelle etwa in der Mitte des Augapfels erreicht, welche sie in dem Erwachsenen einnimmt.

Sobald sich die Linse in Form eines Beutels abgeschnürt hat, zeigt sie sich von allen Seiten her von zellenhaltigem Gewebe umgeben, welches von den Kopfplatten stammt und das Bildungsmaterial zu allen Theilen giebt, welche vorn zwischen der Linse und dem aus dem Hornblatte stammenden Epithel der Cornea, hinten zwischen der Linse und der vorderen Fläche der Netzhaut sich befinden. Es gehen also aus diesem Bildungsmaterial durch Differenzirung und allmähliche Spaltung hervor: nach vornen, das Bindegewebe der Hornhaut nebst deren hinterem Epithel und der vorderen Linsenkapselwand; nach hinten, die hintere Wand der Linsenkapsel, der Glaskörper und dessen einschließende Haut.

Der Glaskörper wird also zugleich mit der Linse von vorn her eingestülpt und indem er an Größe zunimmt und die Linse zugleich stets mehr nach Innen drängt, wird die vordere Wand der primären Augenblase gewissermaßen tellerförmig eingebogen. Sie würde also Anfangs eine weite und wenig tiefe

Schale mit kurzem Stiele darstellen, die aber innen hohl und aus zwei Blättern gebildet wäre, etwa wie jene Schalen aus Glas, die man durch Absatz von Silber im Inneren des Glases versilbert hat; die nach dem Gehirne gewendete Hälfte der Schale würde sich continuirlich in den hohlen Stiel des Sehnerven fortsetzen, die der Linse zugewendete Fläche aber eine wenig tiefe Aushöhlung bilden und im Inneren würde sich noch die zusammengedrückte Höhle der ursprünglichen Augenblase zeigen. Die Ränder dieser Schale wachsen aber nun immer mehr vor gegen die Linse, mit Ausnahme der Stelle, wo die Hohlkehle des Sehnerven sich auf die Schale fortsetzt, der Glaskörper und die Linse nehmen zu; die Schale wird immer mehr einem Becherglase ähnlich; ihre innere Höhle schwindet, namentlich durch Ausbildung von Nervensubstanz auf der vorderen Fläche, welche dicker erscheint als die hintere; die Höhle des Sehnerven füllt sich ganz mit Fasern; die Hohlkehle und der ihr entsprechende Spalt wachsen zusammen und so wird aus der ursprünglichen Blase mit hohlem Stiele die becherförmige Netzhaut mit dem soliden Sehnerven daran.

Das allmähliche Vorschreiten dieser Bildungen mögen zwei schematische Figuren versinnlichen, welche Augendurchschnitte darstellen; aber stets mehrere auf einander folgende Stadien versinnlichen. In dem ersten dieser Durchschnitte (Fig. 98) ist die Linse schon eingeschnürt und bildet einen dickwandigen Sack, der aber noch durch eine Oeffnung nach außen mündet. Hinter ihr befindet sich das Bildungsmaterial, welches mit den Kopfplatten zusammenhängt und das zur Unterscheidung punktirt ist. Die primitive Augenblase ist schon eingestülpt und bildet eine flache, innen hohle Schale, welche durch eine Oeffnung, den hohlen Sehnerven, mit dem Gehirnraum communicirt. In dem zweiten Durchschnitte ist die Linse abgeschnürt und bis auf einen halbmondförmigen Raum ganz von unten her mit Fasermasse erfüllt. Hornhaut mit ihren Schichten, Linsenkapsel und Glaskörper sind vollständig differenzirt, der Becher der Netzhaut weiter vorgewachsen und seine innere Höhle fast ganz verschwunden.

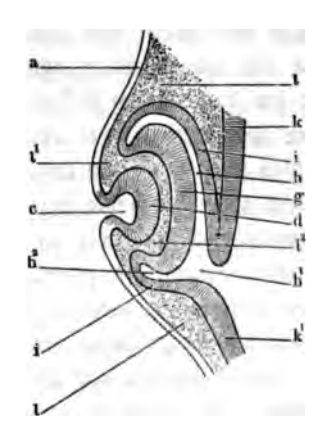


Fig. 98.
Durchschnitt des Auges vor Abschn
rung der eingestülpten Linse.

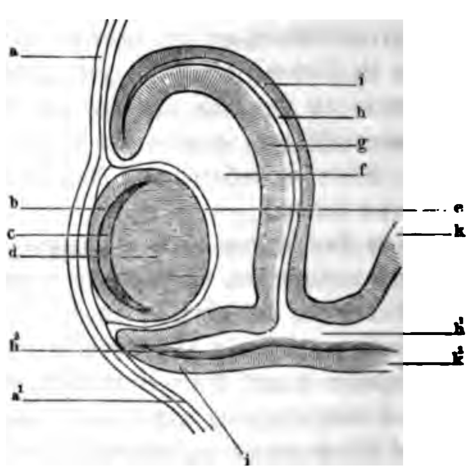


Fig. 99.
Durchschnitt des Auges nach Abschnürung der Linsen-Einstülpung.

Die Bedeutung der Buchstaben ist bei beiden Figuren dieselbe. a. Horn
blatt (Epidermisschichte). a¹. Innere Lage der Hornhaut. b. Vordere Wa
der Linse. c. Höhlung der Linse. d. Hintere Wand der Linse. e. Linse
kapsel. f. Glaskörper. g. Vordere Wand der eingedrückten, primitive
Augenblase (spätere Retina). h. Höhle der Augenblase. h¹. Fortsetzun
derselben in das Gehirn (Höhle des Sehnerven). h². Theil derselben i
der Nähe des Augenspaltes. i. Hintere Wand der primären Augenbla
(spätere Pigmentschicht). k. und k¹. Fortsetzungen der Augenblase in d
Gehirnwandungen. l. Gewebe der Kopfplatten, das sich bei l¹ in vorde
Linsenkapsel und innere Hornhautschicht und bei l² zum Glaskörper un
hinterer Linsenkapselwand differenzirt.

Die Gefäßhaut des Auges oder die Choroidea scheint nach den neuesten Untersuchungen sich aus zwei verschiedenen Lamellen zusammen zu setzen. Die innerste, der Netzhaut zugekehrte Schicht, welche den schwarzen Farbstoff enthält, schlägt sich in der äußeren Schicht der ursprünglichen Augenblase nieder, gehört also ihrem Ursprunge nach der Netzhaut an; die äußere oder Gefäßlamelle dagegen differenzirt sich aus der Masse, welche die Hornhaut und weiße Augenhaut (Sclerotica) bildet. Es erklärt sich vielleicht aus dieser gesonderten Bildung der beiden Schichten, welche später zu einer einzigen Haut verwachsen, die abnorme Structur der Augen der Kakerlaken, bei welchen das Pigment gänzlich fehlt, während die Gefäßschicht vorhanden ist und noch durch die Pupille durchschimmert.

Anfangs geht die Aderhaut nur bis zu dem Linsenrand und erscheint auch nicht in ihrem ganzen Umfange gefärbt, indem der Absatz des Pigmentes von oben und vorn her nach unten und hinten fortschreitet. Eine Lücke bleibt aber in der Pigmentirung lange Zeit in Form eines ungefärbten Streifens, welcher schief von unten und hinten nach oben und vorn verläuft, sich besonders bei der Ansicht des Kopfes von unten deutlich zeigt

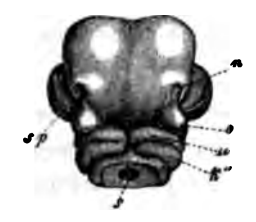


Fig. 100. Kopf eines Hühnchens von unten. n. Nasengrube. o. Oberkiefer. u. Unterkiefer. k". zweiter Kiemenbogen. sp. Choroidealspalt. s. Schlund.

und der Choroidealspalt genannt wird. Die Stelle dieses farblosen Streifens entspricht der Rinnenbildung der ursprünglichen Augenblase, die sich einerseits auf den hohlkehlenförmigen Sehnerven, anderseits auf die Netzhaut fortsetzt. Schließt sich diese Spalte oder Rinne nicht und bleibt sie durch Wucherung der darin befindlichen Substanz zuweilen abnormer Weise nicht nur offen, sondern setzt sich auch in die aus der Aderhaut hervorwachsende Regenbogenhaut (Iris) fort, so bildet dann der

Spalt eine wahre Lücke, welche von den Augenärzten mit dem Namen des Colobom's der Iris bezeichnet worden ist.

Untersucht man also das Auge eines Embryo's aus dieser Zeit, so zeigt sich dies in folgender Weise zusammengesetzt. Es existirt eine äußere Hülle, welche Hornhaut, weiße Haut, Gefäßschicht der Aderhaut und Muskeln zusammen in sich enthält und eine ansehnliche Dicke besitzt. Hart an der Wand dieser Hülle

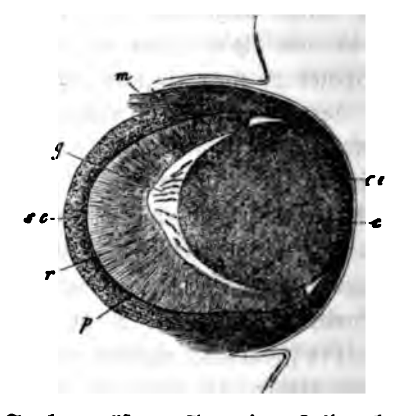


Fig. 101. Stark vergrößertes Auge eines Kalbsembryo's. oc. Zellenüberzug des Auges (Oberhaut). (c. Hornhaut, sc. Sclerotica und Gefäßschicht der Aderhaut, m. Muskeln) zu einer gemeinsamen Hülle verschmolzen. e. Linse. g. Glaskörper. p. Schwarzes Pigment.

liegt die ungeheuer große Linse, hinter dieser der Glaskörper mit Blutgefäßen durchzogen und hinter diesem die ungemein dicke, becherförmige Netzhaut. Später, wenn die Differenzirung der Aderhaut vollendet ist, findet man auch noch keine vordere Augenkammer wie bei dem Erwachsenen, keine Iris in Gestalt eines beweglichen senkrechten Vorhanges, sondern man sieht, daß die weit ausgeschnittene Aderhaut unmittelbar an der äußeren Augenhaut anliegt, daß die Linse mit der inneren Fläche der äußeren Augenhaut in Berührung ist und in ihrer Peripherie von dem ausgeschnittenen Rande des in der Choroidea ausgeschnittenen Sehloches berührt wird. Es beginnt nun die genauere Differenzirung der Hornhaut und der Sclerotica als äußere

Hüllen des Augapfels, die im Anfange von der umgebenden Bildungsmasse nicht gehörig getrennt werden konnten und bei ihrem ersten Auftreten einander sehr ähnlich sehen, weil die Sclerotica anfangs ganz durchsichtig ist, wie die Hornhaut, und erst später ihre eigenthümlichen Fasern sich ausbilden.

Die letzte Bildung des inneren Augapfels bezieht sich auf das Zurückweichen der Linse nach dem Grunde des Auges hin und die damit verbundene Entwickelung der vorderen Augenkammer, der Iris und der Häute, welche bei dem Embryo die Pupille verschließen und mit der Kapselwand in Verbindung setzen. Der freie Vorhang der Iris entsteht offenbar auf die Weise, daß der vordere Rand der Choroidea sich theilweise von seiner Berührung mit der Hornhaut ablöst und zuerst sägenartige Falten und Vorsprünge entstehen läßt, die sich auf die Linsenkapsel auflegen und die Ciliarfortsätze bilden. Dann erst wächst an dem inneren Rande des Ringes die Iris als anfangs durchsichtiges Häutchen hervor, das sich stets mehr vergrößert und dann auch Farbestoff erhält. Sobald die Iris gebildet ist, wird ihre mittlere Oeffnung, die Pupille, mittelst einer durchsichtigen aber gefäßreichen Haut verschlossen, die sich bis gegen die Geburt hin erhält und erst zu dieser Zeit allmählich durch Aufsaugung verschwindet. Diese Haut, welche den Namen der Pupillarmembran trägt, ist eigentlich nur der vordere Theil eines Sackes, der nach Innen durch das Sehloch hindurch auf die Linsenkapsel sich fortsetzt und diese gänzlich umhüllt. Dieser gefäßreiche Sack, den man den Kapsel-Pupillarsack genannt hat, dessen Existenz heftig bestritten wurde, aber jetzt mit der evidentesten Gewißheit dargethan ist, bildet sich ebenfalls allmählich gegen die Geburt hin zurück und verliert sich vollständig. Da er die Linse gänzlich umhüllt und nach vorn hin zu der Pupille gehend an dem Rande derselben sich befestigt, so scheint seine Entstehung mit dem Zurückweichen der Linse in gewisser Beziehung zu stehen, die noch nicht näher ermittelt ist.

Bis zu dem Anfange des dritten Monats etwa liegen die Augen noch ganz frei an der äußeren Fläche des Kopfes und

die äußere Haut geht glatt über sie weg. Die Augenlider beginnen dann sich in Form zweier schmaler Hautfalten zu zeigen, die sich schnell vergrößern, über die vordere Fläche des Augapfels hinüber einander entgegen wachsen, schon gegen Ende des dritten Monats den Augapfel ganz bedecken und sogar in der Augenlidspalte mit einander verwachsen. Bei dem menschlichen Embryo löst sich diese Verwachsung schon ziemlich lange vor der Geburt. Bei vielen Thieren hingegen, wie z. B. den Fleischfressern, kommen die Jungen mit geschlossenen Augen zur Welt und öffnen sie erst einige Tage nach der Geburt.

Das Ohr und zwar das innere Ohr oder das Labyrinth zeigt sich in seiner ersten Anlage auf jeder Seite des Nackens als ein vollkommen rundes, wasserhelles Bläschen, das eine dicke Wandung hat, welche unter dem Mikroskop sich als Ring darstellt. Jedes Bläschen ist vollkommen kugelig und durchaus abgeschlossen von der Nachhirnzelle, zu deren Seiten es liegt. Man glaubte früher, das ursprüngliche Ohrbläschen verdanke seine Entstehung einer ähnlichen Wucherung, wie diejenige, welche dem Rudimente der Augen das Dasein giebt. Neuere Untersuchungen haben indessen nachgewiesen, daß das Bläschen, ähnlich wie die Linse, aus einer Einstülpung der Haut entstehe, daß es zuerst eine Grube, dann einen nach Außen mündenden Beutel, endlich einen geschlossenen Sack darstelle, also von Anfang an durchaus isolirt sei und erst später durch einen hohlen, selbstständig entstehenden Stiel, den Gehörnerven, mit dem Nachhirne in Verbindung trete. Da der Kopf bei dem Embryo verhältnißmäßig ungeheuer groß ist und sich erst später durch Verkürzung seiner Basis zusammenschiebt, so scheint das Ohrsäckchen anfangs ungemein weit von der Augenblase entfernt. Es begegnet jungen Embryologen sehr häufig, die Kopfbeuge, welche sich doch erst in der Mitte des Kopfes befindet, für dessen Ende zu halten, und sich dann zu wundern, daß die beiden primitiven Ohrbläschen so weit hinten am Halse liegen, während sie in der That un-

mittelbar neben dem Anfange des Nachhirnraumes fast senkrecht über dem vorderen Ende des Herzens sich befinden; eine Lagerung, die sich durch starke Ueberbeugung des Kopfes gegen die Brust hin erklärt.

Das Ohrbläschen wächst sehr rasch nach allen Seiten hin aus und verwandelt allmählich seine kugelige Gestalt in diejenige einer dreiseitigen Pyramide, deren Spitze nach oben gekehrt ist. Die obere Spitze dieser Pyramide schnürt sich nun an ihrer Basis etwas von dem Ohrbläschen ab und bildet eine besondere Höhle, die sich lange Zeit erhält, später aber spurlos zu verschwinden scheint. Das Ohrbläschen, das wir nun schon das Labyrinth heißen können, wächst nun aus, treibt an seiner, dem erwähnten Fortsatze entgegengesetzten Seite zuerst einen beutelförmigen Anhang hervor, der sich nach und nach zur Schnecke umgestaltet, bildet zugleich an der Stelle der späteren Kanäle erst rundliche Erweiterungen und Aussackungen, die in der Mitte verwachsen, sich abschnüren und so die drei Bogengänge oder halbzirkelförmigen Kanäle aus dem ursprünglichen Ohrbläschen hervorgehen lassen, während die Basis der Pyramide als Säckchen überbleibt und den Vorhof des Labyrinthes bildet. Es steht mit dieser Ansicht die Bildung der Kanäle selbst in Einklang, welche im Anfang kurz, verhältnißmäßig sehr weit, nur sehr wenig gebogen, nur durch geringe Zwischensubstanz von einander getrennt sind und dem Vorhofe eng anliegen. Gleichzeitig entwickelt sich auch aus der Schädelbasis selbst eine wuchernde Zellenmasse, die später Knorpel wird, das Gehörorgan umhüllt und sich zwischen die einzelnen Theile desselben gewissermaßen eindrängt. Mit der Zunahme dieser knorpeligen Zwischensubstanz entwickelt sich die Biegung der Kanäle immer mehr, während die Kanäle selbst zugleich dünner und schlanker werden. Nur die Einmündungsstellen der Kanäle in den Vorhof bleiben in ihrer ursprünglichen Weite und sacken sich sogar aus, um die Ampullen zu bilden. Auf dieser Stufe der Bildung bleibt bei den meisten Fischen das Ohr Zeitlebens stehen, indem es bei diesen Thieren nur aus den halbzirkelförmigen Kanälen, dem

Vorhofe und einem unteren Kalksacke besteht, der größtentheils dem Hörnerven zur Ausbreitung dient. Dieses ganze Ohr bleibt stets in den Knochen und Knorpeln des Kopfes verborgen und erhält nie äußere Theile. Bei den höheren Thieren bildet sich an dem ursprünglichen Ohrlabyrinthe zuerst noch die stumpfe Kapsel der Schnecke, deren genauere Ausbildung wir hier nicht weiter verfolgen können.

Das mittlere und äußere Ohr, welche der Zuleitung der Schallstrahlen bestimmt sind, entwickeln sich ganz abgesondert von dem inneren Ohr aus den ursprünglichen Kiemenbogen und Kiemenspalten des Embryo's. Wir werden später sehen, daß der Embryo der höheren Thiere in der That bei der ersten Entwickelung des Gesichtes und des Halses dort förmliche Kiemenspalten besitzt, welche durch bogenartig gekrümmte Fortsätze, die Kiemenbogen, von einander getrennt sind. Der vorderste dieser Kiemenbogen wird großentheils zum Unterkiefer, und das obere Ende der Spalte, welche ihn von dem zweiten Kiemenbogen trennt, bildet sich zum mittleren und äußeren Ohr um. Dies scheint auf den ersten Anblick kaum glaublich, und in der That haben erst die Untersuchungen der neueren Zeit diese Vorgänge mit größerer Bestimmtheit kennen gelehrt. Betrachtet man den Schädel eines Erwachsenen, an welchem der Unterkiefer abgenommen ist, so sieht man hinter der äußeren Ohröffnung eine länglich griffelartige Spitze herabgehen, an welcher ursprünglich das Zungenbein befestigt ist, und die selbst einen Theil des Schläfenbeins ausmacht, in welchem das mittlere Ohr vergraben liegt. Stellt man sich nun vor, daß der Unterkiefer, statt beweglich in seinem Gelenke aufgehängt zu sein, in demselben angewachsen wäre, so würde man zwischen dem Unterkiefer und dem Griffelfortsatze eine Spalte sehen, die in den hinteren Theil der Rachenhöhle führt, und über deren oberem Ende sich der Gehörgang und das mittlere Ohr befänden. Es bedürfte nur eines Hammerschlages, um mit dem Meisel diese geschlossene Trommelhöhle zu öffnen und in das obere Ende der Spalte zu verwandeln. Eine solche Bildung findet sich aber Anfangs beim Embryo.

Statt eines beweglich angehefteten Unterkiefers findet sich ein Streifen von Bildungsmasse, welcher ununterbrochen von der Schädelbasis aus nach unten sich fortsetzt. Statt eines mehrfach gegliederten Zungenbeinhorns und eines Griffelfortsatzes findet sich ein zweiter solcher Streifen von Bildungsmasse, der von dem ersten durch eine tiefe Spalte getrennt ist, welche in die Rachenhöhle führt.

Das obere Ende dieser Spalte schließt sich nun durch Wucherung der Bildungsmasse ab und bildet eine Röhre, die von Außen nach Innen führt und durch die besondere Entwickelung der Theile im Knie gebogen wird. Das Knie selbst erweitert sich blasenartig und wird zur Trommelhöhle, das äußere Ansatzstück wird äußerer Gehörgang, das innere nach der Rachenhöhle führende Stück Eustachische Trompete. Die Knöchelchen des inneren Ohres entstehen theils aus den beiden Kiemenbogen selbst, theils aus der Bildungsmasse, welche das mittlere Ohr von dem unteren Theile der Kiemenspalte abschließt. Der Hammer mit dem Ambos entstehen aus dem ersten Kiemenbogen, und ersterer bildet, wie wir sehen werden, gleichsam die Grundlage des ganzen Unterkiefers; — der Steigbügel bildet sich aus dem zweiten Kiemenbogen und ist nichts anderes als die abgelöste obere Fortsetzung des Griffelfortsatzes; — der Trommelfellring endlich nebst dem Trommelfelle entwickeln sich aus dem Schließungsmaterial der Kiemenspalten.

Das äußere Ohr bildet sich aus einer Hautfalte, die sich allmählich mehr und mehr erhebt, und die Form der Muschel annimmt, die wir bei dem Erwachsenen kennen.

Es geht aus dem Gesagten zur Genüge hervor, daß auch das Ohr seiner Entstehung nach ein complicirtes Organ sei, welches sich im Laufe der Entwickelung aus mehreren anfänglich streng geschiedenen Theilen zusammensetzt. Das Labyrinth entsteht selbstständig für sich als Einstülpung der äußeren Haut; die Nervensubstanz kommt ihm von Innen her entgegen und bildet sich in dasselbe als Hörnerve hinein, während das mittlere Ohr von Außen her sich an das Labyrinth anlegt und mit ihm

verbindet. Wollte man nach Vergleichungspunkten zwischen dem Ohre und dem Auge suchen, so würde man erkennen müssen, daß das Linsensystem in ähnlicher Weise sich von Außen nach Innen fortschreitend entwickelt, wie das Labyrinthbläschen, daß aber für die Entstehung des Hörnerven die Analogie im Auge fehlt, während die Bildung des mittleren und äußeren Ohres mit derjenigen der Augenlider einige, wenn auch nur sehr entfernte Aehnlichkeit besitzt.

Die Nase zeigt sich zuerst in Form zweier meist länglich eiförmiger Grübchen, welche an der vorderen Fläche des Kopfes nahe an der Mittellinie sich befinden. Eine Linie, welche man von einer Augenblase zur andern ziehen würde, träfe auf diese beiden äußeren Nasengruben, die Anfangs ganz flach und sogar durch ihre aufgewulsteten Ränder etwas über die Fläche des Kopfes erhaben sind. Einer jeden dieser grubenförmigen Einsenkungen wächst von der unteren Fläche der Hemisphären, und zwar von der Stelle, wo sich auf dem Boden der Großhirnzelle der Streifenhügel erhebt, ein kolbenartiges Gebilde entgegen, welches sich allmählich der inneren Seite der Nasengrube nähert, mit dieser verwächst und dann den Riechnerven darstellt. Die erste Anlage der Nase wird demnach jederseits aus einer äußerlichen, nach hinten geschlossenen Grube gebildet, an deren Innenfläche die hohlen Riechnerven ansitzen.

Es ist durch die neueren Untersuchungen zur völligen Gewißheit erhoben worden, daß diese Nasengruben nicht den äußeren Nasenöffnungen, sondern vielmehr dem Orte entsprechen, wo der Riechnerv durch die Siebbeinplatte an die Nasenschleimhaut herantritt, und daß demnach die ganze äußere Nase und die nach hinten sich öffnenden Nasengaumengänge um diese ursprünglichen Nasengruben herumgebildet werden und gleichsam einem Vorbaue derselben entsprechen. Zuerst setzen sich die Nasengruben mittelst einer seichten Furche, die an ihrer unteren Fläche in schiefer Richtung sich hinzieht und die man die Nasenfurche genannt

hat, mit der Mundhöhle in Verbindung. Zugleich wächst die wallartige Umgrenzung der Nasengrube besonders oben wulstig hervor und bildet einen äußeren und einen inneren Nasenfortsatz, die sich mit dem Oberkiefer einerseits und mit einer von der Stirn herabsteigenden, zapfenartigen Verlängerung, dem Stirnfortsatze, verbinden und so die ursprüngliche Nasenfurche in einen, nach innen in die Mundhöhle sich öffnenden Nasengang umwandeln, welcher später durch Anbildung des Gaumens noch nach hinten verlängert wird.

Aus der Bildungsweise des knöchernen Gaumens durch allmähliches Vorwachsen nach Innen erklärt sich sehr leicht eine Mißbildung, die man unter dem Namen des Wolfsrachens kennt. Sehr häufig nämlich entwickelt sich der Oberkiefer nur unvollständig. Er erreicht nicht die innere Scheidewand der Nasengruben, und es bleibt dann eine Längsspalte, welche die Mundhöhle mit der Nasenhöhle in Verbindung setzt. Eine äußere Andeutung dieser unvollständigen Vereinigung ist die Hasenscharte, welche zuweilen doppelt, meist nur auf einer Seite entwickelt ist.

Fünfundzwanzigster Brief.

Das Skelett.

Die Entstehung der ersten Anlage des Skelettes führt auf die früheste Zeit der embryonalen Entwickelung zurück, nämlich zu derjenigen Epoche, wo sich in dem serösen Blatte der Keimhaut die Primitivrinne gebildet hat, innerhalb welcher, wie wir gesehen haben, das Nervensystem sich ausbildet. Unmittelbar nach dem Auftreten dieser Rinne erblickt man in der Längenaxe des Körpers einen mehr oder minder dunkeln cylindrischen Strang, der den Boden der Primitivrinne zu bilden scheint, in Wahrheit aber auch nach oben von einer geringen Menge embryonaler Substanz bedeckt ist. Man nennt diesen Strang, der durchaus cylindrisch ist, die Rückensaite oder Chorda. Sie zeigt sich bei allen Embryonen äußerst früh, bildet sich aber bei den niederen Wirbelthieren weit mehr aus, als bei den Säugethieren. Sie entsteht auf die Weise, daß anfänglich mit dunkeler Körnermasse gefüllte Zellen sich linear aneinanderreihen und später zu einer homogenen Masse zusammenschmelzen. In dieser Masse entwickeln sich nun kleine, vollkommen durchsichtige, wasserhelle Zellen, die sich allmählich mehr und mehr vergrößern, die körnige Ursubstanz verdrängen und so dem Strange ein vollkommen durchsichtiges Ansehen geben; daher kommt es denn auch, daß die Chorda unmittelbar nach ihrem Entstehen dunkeler erscheint, als die umgebende Embryonalmasse, während in späterer Zeit gerade der umgekehrte Fall eintritt.

Zu gleicher Zeit, wie sich diese Zellenmasse in der Chorda selbst entwickelt, differenziren sich auch von Außen um dieselbe eigenthümliche vierseitige dunkle Flecken, welche stets paarig erscheinen und sich vermehren und deren erste Spuren den hinteren Halswirbeln entsprechen. Man nennt diese würfelförmigen Stücke die Urwirbel. Sie bestehen aus dunkler körniger Zellenmasse und sind offenbar eine Differenzirung des mittleren Bewegungsblattes, aus dem mehrere Gebilde hervorgehen.

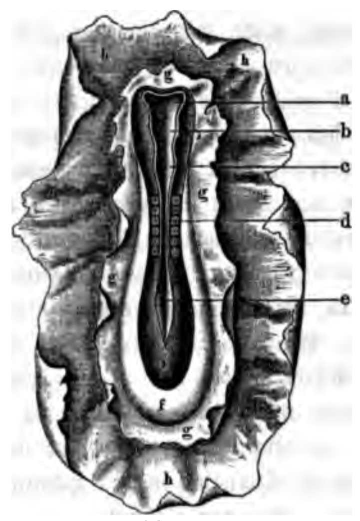


Fig. 102.

Die Embryonalanlage in einem Hundeei, etwa 20 Tage nach der Befruchtung. Der über die Keimblase mit der Bauchfläche hingebogene, werdende Embryo ist losgelöst und mit den ihn umgebenden Häuten flach ausgebreitet worden, daß man ihn vom Rücken aus sieht. Die Primitivrinne klafft noch weit auseinander — sie ist überall mit einem hellen Streifen umgeben, der ersten Ablagerung von Substanz an den Wänden der Rinne. In der Tiefe der Rinne sieht man die Rückensaite als dunkleren Streifen. a. Vorderhirn. b. Mittelhirn. c. Hinterhirn — alle drei noch in Gestalt von Ausbuchtungen der Primitivrinne. e. Lanzettförmige hintere Erweiterung der Primitivrinne. (Rhombische Bucht, sinus rhomboidalis.) d. Urwirbel. f. Peripherischer Theil des Embryo (Bauchplatten), in deren Umkreis das animale Blatt g. und das vegetative Blatt h. mit einander zusammengeheftet sind. i. Körper des Embryo (Rückenplatten).

In der That spaltet sich zuerst der **Urwirbel** durch Bildung einer inneren Höhle in zwei Theile, eine obere Muskelplatte und eine untere eigentliche Wirbelplatte, welche letztere dann nicht nur die Chorda, sondern auch das Rückenmark nach und nach umwächst und, Anfangs häutig, in dieser Weise eine häutige Wirbelsäule und häutige Wirbelbogen bildet, welche indessen ohne Gliederung als Scheide um die Chorda und als Rohr um das Rückenmark sich zeigen. In diesen continuirlichen Röhren differenziren sich nun die knorpeligen Grundlagen der Wirbelkörper, der Wirbelbogen, welche nicht mit einander zusammenfallen, der Wurzeln und Ganglien der Rückenmarksnerven, und zwar so schnell, daß beim Menschen schon in der achten Woche die Wirbelkörper knorpelig sind, während die Verknöcherung der Wirbelsäule im Anfange des dritten Monats beginnt. Die Reste der Chorda lassen sich noch lange im Inneren der Wirbelkörper und der Zwischenwirbelbänder gewahren, selbst nach der Geburt.

Jeder Wirbelkörper bildet demnach in seinem ursprünglichen Zustande einen Ring um die Chorda, der bei den höheren Wirbelthieren zu beiden Seiten angeschwollen ist. Bei dem ferneren Fortwachsen des Wirbelkörpers nach Innen wird die von ihnen umschlossene Chorda allmählich verdrängt und bei den höheren Wirbelthieren fast gänzlich verzehrt, während sie bei den Fischen noch als gallertartige Substanz in den Höhlungen der Wirbelkörper übrig bleibt. Bei den Fischen und nackten Amphibien zeigt sich indeß auch noch der Unterschied in der Entwickelung der Wirbelkörper, daß dieselben nicht zu beiden Seiten der Chorda in Gestalt quadratischer Plättchen auftreten, sondern daß sie gleich von dem ersten Augenblicke an vollständige Ringe um die Chorda bilden, welche überall eine gleichmäßige Dicke besitzen.

Ferner sondern sich auch in der Embryonalmasse, welche die Bauchwände bilden soll, selbstständige Skelettstückchen aus, welche sich bogenförmig nach unten krümmen und die Eingeweide zu umfassen streben. Auch diese Stücke, welche je nach den einzelnen Wirbeln zu *Rippen*, *queren* oder *schiefen Fortsätzen* werden, entstehen selbstständig für sich in dem Bewegungs-

blatte der Embryonalsubstanz und vereinigen sich erst später mit dem Wirbelkörper. Man hat öfter die Entstehung der Wirbel und der Wirbelfortsätze in der Art dargestellt, als entstehe zuerst der Wirbelkörper und als strahlten dann aus diesem centralen Punkte die einzelnen Fortsätze hervor und krümmten sich bogenförmig einerseits nach oben um das Rückenmark, anderseits nach unten um die Eingeweide und die großen Gefäße herum, so daß also das Schema des Wirbeltypus eine 8 sei, in deren Verschlingungspunkt der Wirbelkörper liege, während nach oben und unten hin die Fortsätze zur Umfassung der angegebenen Theile vorhanden wären. Das Bild ist allerdings richtig; — die Entstehungsweise der 8 aber darin verschieden, daß jedes Stück für sich selbstständig entsteht und erst später mit den andern zusammenschießt.

Die wesentliche Bedingung zur Entstehung eines Wirbels ist die Chorda, und man kann als Grundsatz aussprechen, daß nirgends ein Wirbelkörper sich entwickelt, wo nicht vorher eine Chorda ihm als Grundlage gedient habe. Deshalb sieht man auch bei den Embryonen, deren Hintertheil sich zu einem Schwanze verlängert, die Chorda nach und nach in den Schwanz sich fortsetzen und dort gleichsam die Wirbelbildung anregen. Bei vielen Thieren bleibt die Chorda das ganze Leben hindurch in dem ursprünglichen embryonalen Zustande. Das niederste Wirbelthier, welches man bis jetzt kennt, der Amphioxus, besitzt gar keinen andern Skelettheil. Bei den Lampreten und Neunaugen, sowie bei den Stören gesellen sich zu dieser persistirenden Chorda selbstständige knorpelige Bogenstücke, und wenn man die Reihe der Wirbelthiere aufwärts verfolgt, so lassen sich alle Stadien der Entwickelung, welche man bei den Embryonen kennt, in dem Baue der Wirbelsäule erwachsener Thiere nachweisen.

Wir haben oben bemerkt, daß die vorderste Wirbelplatte unmittelbar hinter dem Ende der Nachhirnzelle sich zeigt. Die Chorda ragt indeß weiter nach vorn über diesen ersten Wirbelkörper des Halses hinaus. Ihr vorderes Ende, das wie ein zugespitzter Pfahl in der umgebenden Embryonalmasse steckt, findet

sich zwischen den beiden Ohrbläschen in der Gegend, wo die Blase des Mittelhirnes beginnt. Man hat noch nie einen Embryo entdeckt, bei welchem das vordere Ende der Chorda weiter nach vornen über das Mittelhirn hinausgeragt hätte.

Die Embryonalmasse, in welcher die Spitze der Chorda steckt und die wir als Belegungsmasse bezeichnen können, setzt sich in die weichen Massen fort, welche das Gehirn umhüllen und bildet so einen häutigen Primordialschädel, der durchaus keine Abtheilungen noch Spalten zeigt und auch von den umgebenden Zellenlagen nicht wohl getrennt werden kann.

Aus dem häutigen Primordialschädel entwickelt sich nun durch Differenzirung der Elemente der Gewebe der knorpelige Primordialschädel in folgender Weise.

Die Belegungsmasse der Chorda, in welcher, wie wir oben gesehen haben, die ersten Wirbelanlagen sich differenziren, bildet von dem vorderen Ende der Wirbelsaite aus zwei eigenthümliche, geradeaus gerichtete Fortsätze, welche sich um den Hirnanhang herumkrümmen und vor demselben zusammenstoßen. Diese beiden Fortsätze, welche cylindrisch sind und die seitlichen Schädelbalken genannt werden, gehen von einer etwas breiteren Platte der Belegungsmasse der Chorda aus, welche unter der Nachhirnzelle sich entwickelt. Sie stellen in ihrer Gesammtheit mit der Chorda etwa die Figur einer Raquette dar, wie man sie zum Schlagen des Federballes benutzt. Der Stiel dieser Raquette wird von der Chorda, die Seitentheile von den beiden seitlichen Schädelbalken repräsentirt. Von der breiteren Platte, welche man die Nackenplatte nennt, erhebt sich senkrecht ein knorpeliger Sporn, der in die Stelle der Kopfbeuge zwischen zweiter und dritter primitiver Hirnzelle eindringt und gleichsam die Axe bildet, um welche diese Kopfbeuge sich herstellt. Dieser Sporn, den man den mittleren Schädelbalken genannt hat, entspricht dem Kleinhirnzelte und verknöchert nicht, während die seitlichen Schädelbalken eine wichtige Rolle in der späteren Entwickelung des knöchernen Schädels spielen.

Um das ganze Gehirn differenzirt sich eine Schicht von Knorpelsubstanz, welche eine continuirliche Kapsel bildet, die die Nervensubstanz von allen Seiten her einhüllt. Diese knorpelige Gehirnkapsel steht mit den eben angeführten Theilen, namentlich mit der raquettenförmigen Schädelbasis, in keiner organischen Verbindung und läßt sich leicht von denselben loslösen. Sie bildet ein continuirliches Ganze, und man kann sich nicht besser eine Vorstellung davon verschaffen, als wenn man den Schädel eines Haifisches untersucht. Dieser ist ebenfalls ein aus dem Ganzen gegossenes Stück, welches das Gehirn von allen Seiten umhüllt und keinerlei Abtheilungen zeigt. Ebenso verhält sich auch die primitive Gehirnkapsel des Embryo; — sie besteht aus einem einzigen Stücke, welches auf den Schädelbalken aufliegt, ohne Anfangs selbst mit denselben zu verwachsen.

Man sieht aus dieser Darstellung, daß der primitive Schädel des Embryo aus sehr verschiedenen Stücken zusammengesetzt ist, die vollkommen getrennt von einander bestehen, und somit auch nicht einem und demselben Entwickelungstypus angehören können. Mit der Chorda oder dem Wirbelsysteme in näherer Beziehung stehen allein die seitlichen Schädelbalken, die Nackenplatte, von welcher die Schädelbalken ausgehen, und die Gesichtsplatte, in welcher sie sich unmittelbar vor dem Gehirnanhange wieder vereinigen. Die knorpeligen Kapseln des Gehirnes, der Gehörorgane und der Nase sind in ihrer Anlage dem Wirbelsysteme durchaus fremd und haben mit demselben auch nicht das Geringste gemein. Wenn man die Entwickelung der einzelnen Theile des knöchernen Schädels verfolgt, so ist aus diesem Grunde wohl darauf zu achten, aus welcher dieser verschiedenen knorpeligen Grundlagen ein specieller Knochen hervorgehe, da sich hieraus von selbst ein Schluß über die Natur und die Beziehung eines jeden einzelnen Knochens ergiebt.

Im Allgemeinen muß hier bemerkt werden, daß jedem oder wenigstens den meisten Knochen eine knorpelige Grundlage vorangeht, auf deren Kosten sich erst die Knochensubstanz entwickelt. Ich habe gesagt, den meisten Knochen, weil man schon einige

Beispiele von Knochen kennt, die unmittelbar, ohne vorläufige Bildung einer knorpeligen Grundlage, aus der embryonalen Bildungsmasse hervorgehen. Daß die Verknöcherung nicht durch Umwandlung des Knorpelgewebes in Knochengewebe geschieht, sondern daß vielmehr überall, wo Knochenpunkte sich bilden, dieselben aus Bindegewebe hervorgehen und durch ihre Vergrößerung das sie begränzende Knorpelgewebe verdrängen, indem sie seine Schmelzung und Aufsaugung bewirken, scheint aus den Untersuchungen der Neuzeit als allgemeines Gesetz hervorzugehen. Wenn demnach auch die embryonalen knorpeligen Grundlagen durchaus dieselbe Gestalt haben, wie die nachfolgenden Knochen (was indessen selten der Fall ist), so hat sich dennoch das Knorpelgewebe nicht in Knochen umgewandelt, sondern ist durch das Knochengewebe ersetzt worden. Indessen findet, wie gesagt, diese Ersetzung in derselben Form selten statt, indem die knorpeligen Grundlagen meist continuirliche Massen darstellen, welche die Verknöcherung, die aus einzelnen Knochenpunkten hervorgeht, in Stücke zerlegt.

Man hat früher auf das Erscheinen dieser Knochenpunkte vieles Gewicht gelegt, nach mancherlei Streitigkeiten über deren Zahl und Lagerung in den einzelnen knorpeligen Elementen aber bald einsehen müssen, daß diese Untersuchungen nur sehr wenige Resultate liefern konnten, welche von allgemeinerem Interesse wären. Nicht minder hat man sich vielfältig abgequält, um die Epoche, in welcher die einzelnen Knochen bei dem menschlichen Fötus verknöchern, zu bestimmen, und hat sich dabei überzeugt, daß die Verknöcherung durchaus nicht in derselben Reihenfolge geschieht, als die knorpeligen Grundlagen auftreten, und daß demnach manche Stücke des Skelettes sehr lange knorpelig bleiben, während andere fast unmittelbar nach ihrem Erscheinen verknöchern oder selbst ursprünglich als Knochen auftreten.

Die raquettenförmige Grundlage, die aus den seitlichen Schädelbalken und deren Endplatten und Anfangsplatten besteht, umfaßt von allen Seiten den Hirnanhang, der, wie wir oben sahen, aus einer Aussackung der Mundschleimhaut hervorgegangen

ist. Betrachtet man den knöchernen Schädel eines Erwachsenen, von welchem die Decke abgehoben ist, so daß man die innere Fläche, auf welcher das Gehirn ruht, erblicken kann, so sieht man, daß der Hirnanhang in einer tiefen Grube des Keilbeines verborgen liegt, welche man den Türkensattel genannt hat. Diese Grube entspricht also ohne Zweifel dem Raume, in welchen das vordere Ende der Chorda frei vorragt und der von den beiden seitlichen Schädelbalken umschlossen ist. Der Türkensattel ist mit einem Worte der Rest jenes senkrechten Loches, durch welches die Mundschleimhaut sich beutelartig hervorstülpt, um den Hirnanhang zu bilden. Dieses Loch ist anfangs bedeutend größer als der Hirnanhang, verengert sich aber allmählich um denselben durch Verknöcherung der seitlichen Schädelbalken, die auf diese Weise in dem knöchernen Schädel einen einzigen Knochen, den Körper des Keilbeines, bilden. Der Körper des Keilbeines umfaßt demnach niemals einen Theil der Wirbelsaite; er stellt vielmehr eine horizontale Platte dar, welche anfangs durch ein senkrechtes Loch in der Mitte durchbohrt war. Die Entwickelung des Keilbeinkörpers hat sonach nicht die mindeste Aehnlichkeit mit der normalen Entwickelung eines Wirbelkörpers, wenn man auch anerkennen muß, daß der Keilbeinkörper aus der über die Chorda hinaus verlängerten Belegungsmasse der Wirbelsaite entstanden ist.

Vollständigen Wirbeltypus bietet in seiner Entstehung das Hinterhauptbein dar. Der Körper desselben entwickelt sich als Ring um die Chorda, die er nach und nach umschließt und gänzlich absorbirt. Die Seitentheile, welche das verlängerte Mark umfassen, entstehen, wie die Bogenstücke der Wirbel, als getrennte Stücke in dem Umhüllungsrohr des verlängerten Markes.

Der vordere Theil der knorpeligen Schädelbasis, in welchem sich die beiden seitlichen Schädelbalken vereinigen, stellt anfänglich eine schmale Platte dar, welche kaum breiter ist, als die Schädelbalken selbst. Diese Gesichtsplatte verknöchert ebenfalls so wie die seitlichen Balken, und bildet einen Knochenkern, der sehr bald mit dem eigentlichen Keilbeine verwächst, zuweilen aber als vorderer Keilbeinkörper getrennt bleibt. Die von der

Chorda ausgehende Belegungsmasse bildet also einzig und allein in dem knöchernen Schädel das Hinterhauptbein und die nächste Umgebung des Türkensattels, so wie dessen Boden. Die große Mehrzahl der Schädelknochen hat durchaus nicht das Mindeste mit dieser von der Belegungsmasse der Chorda ausgehenden knorpeligen Schädelbasis zu thun, ein Umstand, auf welchen wir sogleich ausführlicher zurückkommen werden.

Ein zweites primitives Gebilde waren die beiden Knorpelkapseln, welche die Gehörblasen umhüllen. Diese verknöchern durchaus für sich und bilden das Felsenbein, welches bei dem Neugeborenen noch als vollständig getrennter Knochen existirt und später erst mit den Schläfenbeinen verwächst. Die Felsenbeine sind demnach ihrer Entstehung zufolge durchaus für sich bestehende isolirte Theile, die mit keinem andern Stücke des Skelettes in näherer Beziehung stehen.

Bei der Entwickelung der Nase schon wurde darauf aufmerksam gemacht, daß die ursprünglichen Knorpelkapseln, welche die Nasengruben umhüllen, eine isolirte Entstehungsweise zeigen und erst später in Verbindung mit anderen Knochen treten. Das Siebbein und die Nasenbeine, das Pflugscharbein und der Zwischenkiefer gehören ohne Zweifel dieser ursprünglichen knorpeligen Nasenkapsel an und stehen in keiner Beziehung weder zu der knöchernen Schädelbasis, noch zu der primitiven Gehirnkapsel.

Die Gehirnkapsel selbst verknöchert niemals, unter keinen Umständen, bei keinem Thiere. Es entwickelt sich nie ein Knochen in derselben, und die verschiedenen Stücke, welche das knöcherne Gewölbe des Schädels bilden, die Stirnbeine, die Scheitelbeine, die Schuppe des Hinterhauptes, die Schläfenbeine und die Flügel des Keilbeines sind besondere Knochen, sind Belegungsplatten, die von außen her sich auf die knorpelige Gehirnkapsel gleichsam niederschlagen und eine äußere Knochenkapsel bilden, welche die innere Knorpelkapsel vollständig einschließt und allmählich durch ihr fortdauerndes Wachsthum zu Grunde richtet. Man

kann bei Embryonen zu gewissen Zeiten die knorpelige Hirnkapsel, welche man auch den Primordialschädel genannt hat, aus diesen äußeren Belegungsplatten herausschälen und mit leichter Mühe von den Knochen loslösen. Bei vielen Fischen bleibt diese knorpelige Kapsel zeitlebens, und die genannten Knochen stets in ihrer ursprünglichen Beziehung zu derselben. Man braucht, um sich von diesem Verhältnisse zu überzeugen, nur den Kopf eines gekochten Hechtes zu untersuchen. Das Kochen hat hingereicht, um die Fasern zu lösen, welche die Knochen mit den Knorpeln verbinden, und man wird ohne weiteres die meisten Schädelknochen ablösen können, und als Rest eine innere Knorpelkapsel zurückbleiben sehen, welche das Gehirn unmittelbar umhüllt. Wenn auch der Werth dieser Thatsachen dadurch verringert wird, daß überhaupt kein Knorpel sich direct in Knochen umwandelt, so ist doch wenigstens der Umstand wichtig, daß die Grundknochen der Schädelbasis sich in der Belegungsmasse der Chorda bilden, die Belegungsplatten dagegen auf derselben.

Die Entwickelung des Gesichtes und der dazu gehörigen Knochen ist nicht minder complicirt, als diejenige des Schädels, und wo möglich ist die Zersplitterung der Uranlagen, aus welchen sich die einzelnen Knochen hervorbilden, noch größer und mehr im Einzelnen durchgeführt. Während indeß bei der Anlage der Wirbelkörper und des Primordialschädels die Ausbildung in der Mittellinie, um eine mittlere Axe, ein wesentliches Moment darstellt, ist im Gegentheile bei dem Gesichte die paarig symmetrische Anlage und die Entwickelung von beiden Seiten her gegen die Mittellinie hin unverkennbar und dadurch erzeugt, daß alle Theile des Gesichtes ursprünglich dazu bestimmt sind, Ringe um das Anfangsstück des Darmrohres, um den Munddarm zu bilden. Diese Ringe aber werden durch das allmähliche Gegeneinanderwachsen bogiger Stücke von Embryonalsubstanz gebildet, die gegen die Mittellinie zu sich krümmen und endlich in derselben vereinigen.

Schon in früherer Zeit hatte man an sehr jungen Embryonen seitlich am Halse quere Spalten gesehen, ohne daß man

dieser Beobachtung diejenige Aufmerksamkeit schenkte, welche sie verdient hätte. Später beschäftigte man sich genauer mit dieser Erscheinung; man erkannte, daß diese Querspalten durch bogenförmige Streifen von einander getrennt seien, in welchen Gefäßbogen verliefen, die von dem Herzen aus nach oben sich krümmten und unmittelbar unter der Chorda sich vereinigten, um die großen mittleren Körperarterien zu bilden. In dieser Anordnung erkannte man mit Recht große Aehnlichkeit mit Structurverhältnissen, welche die Kiemen der Fische darbieten. Bei diesen Thieren erblickt man, sobald man die Kiemendeckel (die sogenannten Ohren) aufhebt, in der Tiefe die Kiemen, welche durch ihre schön rothe Farbe allen Fischliebhabern bekannt sind, da man an der hellen Röthe dieser Theile erkennt, ob der Fisch wirklich frisch sei, oder nicht. Untersucht man diese Kiemen näher, so findet man, daß sie aus strahlenartigen, spitzen Blättchen bestehen, die auf knöchernen Bogen aufsitzen. Diese knöchernen, gegliederten Kiemenbogen sind durch Spalten von einander getrennt, welche in die Mundhöhle führen. Man braucht bei dem ersten besten Weißfische nur den Kiemendeckel abzuschneiden und mit der Scheere die rothen Kiemenblättchen abzutragen, um eine Anschauung dieser knöchernen Bogen und der zwischen ihnen befindlichen Spalten zu erhalten. Ueber jeden dieser Bogen läuft eine große, fast unmittelbar aus dem Herzen entspringende Arterie, die sich an die Kiemenblätter vertheilt und wieder in einen Stamm sammelt, der unmittelbar unter der Wirbelsäule mit demjenigen der entgegengesetzten Seite sich vereinigt und den Stamm der Aorta bilden hilft. Die Aorta entsteht also bei den Fischen aus den Gefäßen der Kiemenbogen, und alles Blut, welches aus dem Herzen ausgetrieben wird, muß durch diese Gefäße der Kiemenbogen laufen.

Ganz dieselbe Structur findet sich zu einer gewissen Zeit beim Embryo. Alles Blut läuft, indem es aus dem Herzen ausgetrieben wird, durch die Gefäßbogen der erwähnten krummen Streifen von Embryonalsubstanz und vereinigt sich nachher in der Mittellinie. Deshalb nannte man diese Streifen die Kiemen-

bogen, die sie trennenden Spalten die Kiemenspalten, um die Analogie anzuerkennen, welche in der Bildung dieser Theile offenbar gegeben ist. Zur Zeit jener Entdeckung war die Naturphilosophie noch in ihrer höchsten Blüthe, und es konnte nicht fehlen, daß diese Thatsache in mannigfacher Art der Richtung jener Zeit zufolge benutzt wurde; allein deshalb fiel es doch nie irgend einem Forscher in der Entwickelungsgeschichte ein, behaupten zu wollen, daß diese Kiemenbögen wirklich der Respiration dienten. Man wußte zu wohl, daß das Athmen der Fische eine Function der Capillarnetze ist, welche die Kiemenblättchen überziehen, hatte sich aber durch Beobachtung überzeugt, daß auf den Kiemenbogen der Embryonen höherer Thiere nie solche respiratorische Kiemenblättchen sich entwickelten. Es gleicht daher dem Gefechte Don Quixote's gegen die Windmühlen, wenn ein französischer Phantast in der Entwickelungsgeschichte, dessen wir schon früher erwähnten, eine große Abhandlung gegen die respiratorische Function dieser Kiemenbogen der Embryonen schrieb, da kein Mensch je eine Behauptung dieser Art aufgestellt hatte.



Fig. 103. Ein menschliches Ei etwa aus der fünften Woche der Schwangerschaft. Das Amnios ist abgeschnitten; das Chorion dagegen mit seinen Zotten und das Nabelbläschen nebst dem Embryo wohl erhalten.

a. Chorion. b. Amnios, den Nabelstrang c. umhüllend. d. Nabelbläschen mit langem Stiele.

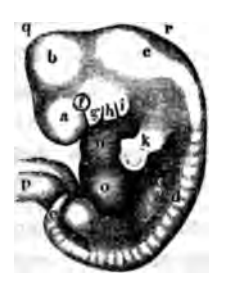


Fig. 104. Der Embryo dieses Ei's stärker vergrößert. a. Vorderhirn. b. Mittelhirn. c. Hinterhirn. d. Wirbelsäule. e. Schwanz, anfangs stark entwickelt, später schwindend. f. Auge. g. Oberkiefer. h. Erster Kiemenbogen. i. Zweiter Kiemenbogen. k. Arm. l. Bein. n. Herz, in den Brustdecken eingeschlossen. o. Bauch, hauptsächlich von der Leber ausgefüllt. p. Nabelstrang. q. Kopfbeuge. r. Nackenbeuge.

Bei den Säugethieren zeigen sich in frühester Zeit, aber doch erst nach Ausbildung der Augenbuchten, des Ohrbläschens und der Kopfbeuge, auf jeder Seite des Halses fünf Kiemenspalten, wodurch vier Kiemenbogen abgetrennt werden, die von vorn nach hinten an Größe und Bedeutung abnehmen. Alle diese Kiemenbogen entstehen nach und nach, der vorderste zuerst, der hinterste zuletzt; sie wachsen in Form kleiner Warzen hervor, welche sich allmählich vergrößern und einander nach der Bauchseite hin in der Mittellinie entgegenkommen.



Fig. 105. Ein etwa 26 Tage alter Hundeembryo, fünfmal vergrößert, von der Seite gesehen.

a. Vorderhirn mit der Scheitelbeuge. b. Zwischenhirn. c. Mittelhirn. d'. Kleines Gehirn. d. Nachhirn. e. Auge. f. Ohrbläschen, durch einen Stiel (Hörnerven) mit dem Nachhirn zusammenhängend. g. Oberkiefer. h. Unterkiefer (erster Kiemenbogen). i. Zweiter Kiemenbogen. k. Rechte Vorkammer des Herzens. l. Linke Kammer. m. Rechte Kammer. n. Aortenstiel. o. Leber. p. Herzbeutel. q. Darmschlinge, in welche das Nabelbläschen s. mit seinem Stiele r. einmündet. t. Allantois. u. Amnios. v. Vordere Extremität. x. Hintere Extremität. w. Wirbelsäule. y. Schwanz. z. Nase. 1. Kopfbeuge. 2. Nackenbeuge.

Der vorderste Kiemenbogen ist der bedeutendste in jeder Hinsicht, sowohl an Größe, als auch hinsichtlich der Bildungen, zu welchen er später Gelegenheit giebt. Wir haben bei dem Ohre schon von diesem Kiemenbogen gesprochen und den Antheil bezeichnet, welchen er an der Bildung des mittleren Ohres nimmt. Aus diesem Bogen entstehen einerseits der Oberkiefer, das Jochbein, die Gaumen- und Flügelbeine, indem von dem oberen Theile desselben, da wo er von der Schädelbasis ausgeht, eine wuchernde Bildungsmasse nach vorn und innen gegen die Mitte zuwächst, und durch endliches Anlegen an die Scheidewand der Nasenkapsel ein horizontales Dach bildet, wodurch die Nasenhöhlen von der Mundhöhle geschieden werden. Man hat bisher diese ganze Masse, in welcher sich vereinzelt die genannten Knochen bilden, bei den Säugethieren als einen inneren Fortsatz des Bogens angesehen, aus welchem sich der Unterkiefer entwickelt, vielleicht aber dürfte die Analogie mit tieferstehenden Wirbelthieren später darauf führen, diesen Fortsatz als einen selbstständigen Kiemenbogen zu betrachten.

Der äußere Theil des ersten Kiemenbogens, welcher sich in weiter Krümmung von beiden Seiten her um die vordere Oeffnung des Mundbarmes herumschlingt, entwickelt in seiner Masse den Unterkiefer, und zwar in Folge höchst eigenthümlicher Vorgänge. Es bildet sich nämlich ein cylindrischer, gekrümmter Knorpelstab, welcher als ununterbrochenes Ganze von der Schädelkapsel, an die er anstößt, bis zur mittleren Vereinigung unter dem Darme sich fortzieht. Das oberste Ende dieses Knorpelstabes verknöchert und bildet den Hammer, das Wesentlichste der Gehörknöchelchen; das untere Ende aber verknöchert nie, sondern bildet gleichsam nur eine Axe, auf deren äußerer Fläche sich der Unterkiefer als eine Belegungsplatte entwickelt. Man hatte schon früher beobachtet, daß bei den Embryonen, und zwar beim menschlichen Fötus im dritten oder vierten Monate, auf der inneren Fläche des Unterkiefers in einer eigenen Rinne ein Knorpelstab sich befinde, welcher aus der Paukenhöhle hervorkommt und an seinem oberen Ende mit dem Hammer in Verbindung steht. Man

nannte diesen Knorpelstab nach dem Entdecker den Meckel'schen Fortsatz des Hammers. Bei vielen Thieren bleibt dieser Knorpelstab das ganze Leben hindurch, und man braucht nur an einem gekochten Hechte auf der inneren Seite des Unterkiefers mit der Gabel das Fleisch wegzunehmen, um sich eine Anschauung der Verhältnisse zu verschaffen, wie sie bei dem Embryo sind. Man wird dann sehen, daß der Unterkiefer ein Knochenblatt darstellt, welches in Form einer Hohlkehle nach innen eingerollt ist, und daß innerhalb dieser Hohlkehle ein Knorpelstab sich befindet, der die ganze Länge des Unterkiefers durchsetzt.

Der zweite Kiemenbogen, welcher weit kleiner ist als der erste, nimmt in seinem obersten Theile Antheil an der Bildung der Paukenhöhle, und entwickelt in seinem Inneren ebenfalls einen Knorpelstab, welcher in seinem oberen Theile verknöchert und den Steigbügel, so wie den Griffelfortsatz des Schläfenbeines bildet. Der mittlere Theil dieses Knorpelstabes verschwindet oder verknorpelt sich vielmehr in ein faseriges Band, an welchem die vordere verknöcherte Hälfte, die das kleine Horn des Zungenbeines bildet, aufgehängt ist.

Der dritte Kiemenbogen enthält ebenfalls im Anfange einen Knorpelstab, welcher aber nur in seinem unteren Theile Veranlassung zu Knochenbildung giebt, indem er das große Horn des Zungenbeines, sowie dessen Körper bildet. Außerdem scheint dieselbe Masse des dritten Kiemenbogens an ihrer Vereinigungsstelle den Kehlkopf, diejenige des zweiten die Zunge hervorgehen zu lassen. Man hat behauptet, die Zunge sei eine Ausbildung der Vereinigungsstelle des ersten Kiemenbogens, allein es scheint mir, als weise die Anatomie der niederen Wirbelthiere hier einen kleinen Fehler der Beobachtung nach, der bei der Schwierigkeit der Untersuchung leicht begangen werden konnte. Der vierte Kiemenbogen entwickelt keine knöchernen Theile; er wird zur Bildung der fleischigen Bedeckungen des Halses verwendet.

Die ursprünglichen Kiemenspalten verschwinden durch Zusammenwachsen der einzelnen Bogen alle bis auf die erste Spalte, welche sich in die Mundöffnung umwandelt, und bis auf den

oberen Theil der zweiten, die zur Bildung des mittleren Ohres verwendet wird. Die Verwachsung der Kiemenbogen selbst geht äußerst rasch vor sich, während die Verknöcherung nur langsam vorschreitet. Es ist aber ein allgemeines Gesetz der Knochenbildung in den Kiemenbogen, daß sich zuerst ungetheilte Knorpelstäbe bilden, um welche herum knöcherne Belegungsstäbe sich ablagern, die von außen her den primitiven Knorpel einhüllen. Bei dem Unterkiefer haben wir dies speciell nachgewiesen, es gilt auch, wie man bei niederen Wirbelthieren ersehen kann, für die übrigen Kiemenbogen, welche sich bei diesen Thieren in weit größerer Ausdehnung entwickeln.

Wenn wir nun noch einen kurzen Blick auf die Entwickelung der Extremitäten werfen, so geschieht dies hauptsächlich nur, um zu zeigen, wie aus der ursprünglich plumpen Form die allmähliche Sonderung der speciellen Gestaltung hervorgeht. Die Extremitäten erscheinen in Gestalt rundlicher Flossen ohne irgend welche Sonderung in Finger oder einzelne specielle Abtheilungen. Erst später bildet sich die Spaltung der Finger aus, uud zwar in der Weise, daß im Inneren der schaufelförmigen Flosse Knorpelstreifen entstehen, zwischen welchen allmählich die Substanz aufgesaugt wird. Es ist aus dieser Entstehungsweise erklärlich, daß oft Kinder geboren werden, bei welchen die Finger durch eine Art von Schwimmhaut mit einander verbunden sind.

Die Entwickelung des Skelettes im Ganzen giebt über mehrere Fragen von allgemeinerem Interesse Aufschluß, deren Erörterung hier um so mehr am Platz sein dürfte, als man sich oft und vielfach zu Begründung derselben auf die Entwickelungsgeschichte berufen hat. Mit dem Anfange unseres Jahrhunderts entwickelte sich zuerst in Deutschland ziemlich allgemein, dann auch in Frankreich bei einigen Männern die Ansicht, daß ein gemeinschaftlicher Urtypus sämmtlichen Skelettbildungen zu Grunde liege, und daß dieser Typus in dem Wirbel zu suchen sei. Den Schädel betrachtete man als eine eigenthümliche Ausbildung mehrerer Kopfwirbel, bei welchen hauptsächlich die oberen Bogenstücke in abnormer Weise zur Umhüllung des Gehirnes ausge-

bildet seien. In den Knochen der Schädelbasis suchte man die Körper dieser Wirbel, deren Zahl man je nach den verschiedenen Ansichten auf drei bis sechs oder gar noch mehr bestimmte. Man ging in diesen Bestrebungen so weit, nicht nur die Kopfwirbel selbst in allen ihren Stücken zu restauriren, sondern auch die Kiefer, die Kiemenbögen und die Gliedmaßen als seitliche Ausstrahlungen der Kopf- und Rumpfwirbel zu betrachten. Bald sollten die Kiefer Gliedmaßen, bald Rippen sein, und nicht nur auf die Wirbelthiere beschränkte sich die Speculationswuth der Wirbeltheoretiker, sondern auch auf die wirbellosen Thiere trug man diese Ansichten über, und suchte auf diese Weise, wenn ich mich so ausdrücken darf, das ganze Thierreich zu verwirbeln. Wenn man heutzutage einige jener Foliobücher zur Hand nimmt, welche von Urwirbeln, Zwischenwirbeln, Secundar- und Tertiarwirbeln handeln, so begreift man wirklich kaum, wie es möglich gewesen sei, daß die Naturforscher eine zeitlang auf diese Weise im Dunkeln umhertappen konnten. Auch wurden diese romantischen Uebertreibungen baldigst von den besonnenen Naturforschern gewürdigt. Allein wenn man auch gegen dieselben protestirte, so blieb wenigstens so viel übrig, daß man allgemein annahm, der knöcherne Kopf sei nur eine modificirte Fortsetzung der Wirbelsäule. Man berief sich hierbei hauptsächlich auf die Resultate der Entwickelungsgeschichte, und es ist deshalb unsere Pflicht, hier in kurzem darzuthun, inwiefern diese Theorie durch Thatsachen unterstützt werde, oder nicht.

Es fragt sich hier zuerst, ob man an dem knöchernen Kopfe in der That Bildungen nachweisen könne, welche ihrer Entstehung nach durchaus in keinem Zusammenhange weder mit der Axe des Wirbelsystems, der Chorda, noch mit den von denselben ausgehenden Belegungsmassen stehen, und die ebenfalls in ihrer Grundlage keine Beziehung zu dem Central-Nervensysteme zeigen?

Die Kiemenbogen mit den aus ihnen entstehenden Skelettheilen zeigen eine völlige Unabhängigkeit von dem Wirbelsystem und durchaus selbstständige Ausbildung. Man hat dieselben als modificirte Rippen ansehen wollen, ohne indeß dafür andere Be-

lege beibringen zu können, als die Thatsache, daß sie den Munddarm eben so umfassen, wie die Rippen die Brusteingeweide. Betrachtet man aber die Entstehung beider Theile in Vergleichung zu einander, so ergiebt sich eine so völlige Verschiedenheit, daß diese Ansicht als unhaltbar aufgegeben werden muß. Die Bildungsmasse, in welcher die Rippen entstehen, ist ein zusammenhängendes Gebilde, eine plattenförmige Ausbreitung von Embryonalmasse, in welcher die einzelnen Knorpelstäbe der Rippen sich sondern und später verknöchern. Niemals sind diese Rippen durch Spalten getrennt, niemals entsteht eine Rippe für sich gesondert in ihrer Anlage und verbindet sich erst später zu einem Ganzen; die Kiemenbogen dagegen gehen als isolirte Wärzchen hervor, die nach und nach einander entgegenkommen, durch Spalten getrennt sind, und deren Knorpelstreifen hauptsächlich durch Belegung mit Deckplatten verknöchern. Das System der Kiemengebilde ist demnach ein vollkommen eigenthümliches, das mit den Wirbeln in durchaus keiner Beziehung steht, was namentlich auch daraus hervorgeht, daß die Zahl dieser Bogen eine wechselnde ist bei verschiedenen Thieren, während die Zahl der Rippen genau der Zahl der Wirbel entspricht, welchen sie angehören.

Wie man die Extremitäten als Ausstrahlungen der Wirbel betrachten könne, ist einem gesunden Sinne vollends unbegreiflich, denn mit eben so vielem Rechte könnte man auch die Lungen, die Leber oder Gott weiß welche Organe als Ausstrahlungen der Wirbel betrachten, da alle diese Eingeweide eben so viel mit den Wirbeln zu thun haben, als die Extremitäten, nämlich durchaus gar nichts.

Es bleiben uns also von den zahlreichen Knochen, die das Skelett zusammensetzen, nur die eigentlichen Wirbel und diejenigen Knochen, die an dem Schädel in näherer Beziehung zu der Chorda oder dem Gehirne stehen. Um hier eine sichere Basis der Vergleichung zu gewinnen, fragt es sich zuerst, wie der Wirbel entstehe und welche Kriterien man aufstellen müsse, um die Wirbelnatur irgend eines Gebildes zu erkennen.

Die Beantwortung dieser Frage ergiebt sich ganz von selbst aus dem Vorhergehenden. Ein Wirbelkörper entsteht nur aus der Belegungsmasse um die Chorda; ohne Wirbelsaite ist seine Entstehung nicht denkbar; wo keine Chorda ist, kann auch kein Wirbel sich bilden. Der hintere wie der vordere Keilbeinkörper entstehen zwar aus einer horizontalen, senkrecht durchbohrten Knorpelmasse: da aber dieselbe noch mit der Belegungsmasse der Rückensaite zusammenhängt, so kann man sie noch, wenn auch als stark von dem Typus abweichende, Wirbelkörper ansehen.

Die Belegungsplatten der primitiven Gehirnkapsel bilden ebenfalls ein eigenes System. Bei den Säugethieren entstehen sie nur oben und an den Seiten; bei den Fischen ist eine solche Bildung von Belegplatten auch unten, unterhalb der Schädelbasis, zwischen ihr und der Mundschleimhaut, nachgewiesen, und die Knochen, welche man bei den gewöhnlichen Fischen als Keilbein und Pflugschar bezeichnet (das Schwert in dem Hechtskopfe), sind solche untere Belegungsplatten.

Man hat demnach Unrecht, den ganzen Schädel als eine modificirte Wirbelsäule zu betrachten. Das Ende der Wirbelsäule ist in dem Hinterhauptbeine und den beiden Keilbeinkörpern gegeben, die man als modificirte Wirbel ansehen kann; — die übrigen Theile gehören verschiedenen Systemen an, sind Ansätze, welche dem Wirbeltypus durchaus fremd sind.

Sechsundzwanzigster Brief.

Die Eingeweide.

Die Entwickelung der Eingeweide, und zwar vor allen Dingen diejenige des Darmrohres, als der primitiven Axe dieser sämmtlichen Gebilde, führt uns wieder in die ersten Zeiten der Embryonalbildung zurück, wo wir den Fruchthof aus drei Blättern bestehend fanden, deren inneres, das Darmdrüsenblatt, unmittelbar die Dotterflüssigkeit berührte und einen Sack darstellte, der an der Stelle des Fruchthofes durch Zellenanhäufung verdickt war. Die Ausbildung dieser flächenartigen Verdickung zu einem geschlossenen Rohre, welches anfangs einem ganz geraden Hohlcylinder gleicht, geschieht in der Weise, daß der Embryo sich allmählich von dem Dotter abhebt und gegen diesen letzteren abschnürt. Die Schließung der Bauchhöhle und ihrer Wandungen sowohl als auch diejenige des Darmrohres sind die Folgen dieses Processes. Der Embryo liegt nämlich im Beginn seiner Entwickelung, wie wir schon früher erwähnten, flach auf der Dotterflüssigkeit auf, und der Fruchthof geht in seiner ganzen Umgebung rundum in die Fortsetzungen der Keimblätter über. Sobald nun der Embryo sich mehr und mehr ausbildet, hebt sich zuerst der Kopf des Embryo vollständig von dem Dotter ab. Die Abschnürung schreitet an der unteren Fläche des Halses durch das Hervorsprossen der Kiemenbogen nach hinten zu fort. Mit der ganzen Bauchfläche des Stammes liegt nun der Embryo anfangs noch flach auf dem Dotter auf, allmählich erhebt er sich aber auch hier und schließt sich von vorn und hinten, so wie

der den Seiten her gegen die Mitte hin fortschreitend von dem Dotter ab. Ich kann kein besseres Bild dieses Vorganges geben, als wenn ich Ihnen [illegible] ersuche, mit beiden Händen an einem Seidenstrumpfe, der theilweise über eine Stopfkugel gebreitet ist, eine Falte zu bilden. Die Stopfkugel stellt hier die Dotterkugel vor, der Seidenstrumpf die Keimhaut, welche diese Dotterkugel umschließt. Nähme man zwei Strümpfe über einander, so würde der innere Strumpf dem Darm-Drüsenblatte, der äußere dem Bewegungs- und Hornblatte entsprechen. Indem man mit beiden Händen in diesen Strümpfen eine Falte zu ziehen versucht, wird man genöthigt sein, die Strümpfe etwas von der Kugel abzuziehen und in die Höhe zu heben. Wenn man sich nun vorstellt, daß die Ränder dieser Falte, da wo man sie zuerst gefaßt hat, mit einander zusammengenäht würden, und daß dieses Zusammennähen von allen Seiten her gegen den Mittelpunkt der Falte fortgesetzt würde, bis man die Falte in ihrer ganzen Ausdehnung zusammengenäht hätte, so wird diese ganze Handlung ein richtiges Bild von den Entwickelungsvorgängen bei dem Embryo geben. Im Anfange, wo man das Zusammennähen der Falte begann, bildete diese, von der Stopfkugel her betrachtet, eine lange Rinne, die nur an beiden Enden abgeschlossen war und so etwa im Ganzen die Gestalt eines Weberschiffchens bot. Je mehr man mit dem Zunähen gegen die Mitte hin fortfuhr, desto mehr wurde diese Rinne geschlossen, zuletzt blieb nur noch ein mittleres Loch, nach dessen endlicher Zusammennähung die ganze Falte in ein Doppelrohr verwandelt war, welches nach der Stopfkugel hin keine Oeffnung mehr zeigte.

Indem sich nun der Embryo zuerst mit seinem Kopfe von dem Dotter abhebt und die Seitenwände zum Abschlusse gegeneinander wachsen, bildet sich eine Anfangs nach hinten blinde Höhle, die sich aber bald in die Darmrinne hinein öffnet und nun mit dieser eine continuirliche Höhle bildet. Man hat diese Höhle die Kopfdarmhöhle oder auch die vordere Darmpforte genannt. Ihre Wandung wird aus allen drei Blättern

zusammengesetzt, spaltet sich aber später in ihrem vorderen Theile und bildet hier eine Höhle, in welcher das Herz sich entwickelt. Der hintere, abgezweigte Theil entspricht dann, nach der Anlage des Herzens, der Rachen- und Schlundhöhle, so wie dem Schlunde selbst.

Ganz in ähnlicher Weise entsteht auch von dem hinteren Ende des Embryo's her eine hintere Beckendarmhöhle und eine hintere Darmpforte, welche ebenfalls nach dem Darme führt. Das Darmrohr bildet demnach, sobald es einmal auf dieser Stufe angelangt ist, eine nach beiden Körperenden hin in Röhren sich fortsetzende Rinne, welche in der Längsaxe des Körpers liegt. Die Wände desselben sind verhältnißmäßig außerordentlich dick, die innere Höhlung nur gering, und das ganze Rohr eigentlich nur ein gerader, aus Zellen zusammengesetzter hohler, in der Mitte aufgeschlitzter Cylinder.

Zu der Bildung des Mitteldarmes wirkt sowohl das Darmdrüsen- als auch das Bewegungsblatt mit. Letzteres spaltet sich der Dicke nach in zwei Schichten, deren innere, die Darmfaserschicht, sich mit dem Drüsenblatte zur Einrollung des Darmes verbindet, während die äußere die Bauchwandung bildet. Indem diese beiden Schichten sich stets mehr von einander entfernen, die erstere sich ganz zur Bildung des Darmes verwendet, die letztere die äußeren Bauchwandungen schließt, verfolgen sie auch unabhängig von einander ihren Weg zur Abschließung gegen den Dotter. Die Darmrinne bildet, sich stets mehr schließend, den Darmnabel, der sich zum Dottergang auszieht, durch welchen noch lange nach dem vollständigen Abschlusse des Darmrohres die Darmhöhle mit dem Dotter communicirt; die Bauchwandung schließt sich bis auf den Bauchnabel, durch welchen bis zur Geburt die zur Ernährung des Embryo's dienenden Blutgefäße hindurchtreten.

Sobald das Darmrohr bis auf den Darmnabel geschlossen ist, beruht die weitere Entwickelung des Darmes hauptsächlich auf schnellem Auswachsen der Röhre, wodurch diese sich verlängert und schlingenartig zusammenlegt. An einer Stelle, und zwar nahe an der vorderen Eingangsstelle des ursprünglichen geraden

Darmrohres, bläst sich dieses etwas auf und bildet auf diese Weise den **Magen**, der ursprünglich in der Längsaxe des Körpers gelegen ist, allmählich aber sich dreht und eine quere Stellung einnimmt. In das Einzelne der Schlingenbildung des Darmrohres, die Verwickelung des Gekröses und der Netze hier einzugehen, würde einestheils zu weit führen, anderntheils auch durchaus unfruchtbar sein, da diese Vorgänge wirklich nur dann begriffen werden können, wenn man sie an Embryonen selbst untersucht. Figuren führen hier durchaus zu keinem klaren Verständnisse, und noch weniger können dies Beschreibungen thun, die selbst demjenigen, der die Anatomie des Erwachsenen vollkommen genau kennt, kein anschauliches Bild zu geben vermögen.

Mit dem Darmrohre in Verbindung stehen einige Drüsen, unter welchen die Leber und die Bauchspeicheldrüse die wichtigsten sind. Da man sehr richtig erkannte, daß die Schleimhaut, welche die Gänge dieser Drüsen auskleidet, gleichsam nur eine Fortsetzung der inneren Darmschleimhaut sei, so glaubte man hieraus folgern zu dürfen, daß diese Drüsen nur Ausstülpungsbildungen des Darmes seien. Wenn man schon durch die Faltungen der Keimhautblätter die Bildungen mancher Organe zu erklären suchte, so kostete es Nichts, anzunehmen, daß das Darmrohr an einer gewissen Stelle einen seitlichen Blindsack treibe, daß dieser Blindsack allmählich auswachse, sich mehr und mehr veräſtele und so nach und nach die zahlreichen Blindgänge und Kanäle des Drüsengewebes darstelle. Diese Theorie der Drüsenausstülpung, welche man bald generalisirte, stützt sich indeß auf Thatsachen, welche ihr einigen Halt gaben. Man hatte beobachtet, daß die Drüsen in ihrer ursprünglichen Anlage kleine knotenförmige Hügel bildeten, welche dem Darmrohre unmittelbar aufgesetzt waren, daß sie nur wenige und kaum verästelte Kanäle im Inneren zeigten, und daß die Zahl dieser Kanäle und ihre Verästelung mehr und mehr mit der Entwickelung des Embryo zunahm.

Die neuere Zeit, indem sie uns mit dem Zellenleben bekannt machte, konnte auch den richtigen Schlüssel zu diesen Er-

scheinungen geben, und während sie die mechanischen Vorstellungen, die sich mit der Ausstülpungstheorie verbunden hatten, zurückwies, zeigte sie zugleich, daß der Ausstülpung selbst einige Wahrheit zu Grunde liege. Man hat in neuerer Zeit hauptsächlich bei Fischen und Säugethieren die Bildung der Leber verfolgt, und wenn auch in dem Einzelnen einige Verschiedenheiten sich zeigen, so ist doch im Ganzen der Proceß der nämliche.

Bei den so durchsichtigen Fischembryonen bemerkte man, daß nach der theilweisen Schließung des Darmrohres am vorderen Ende desselben eine ziemlich bedeutende compacte Zellenanhäufung sich zeigte, in welcher anfangs durchaus keine Höhlung zu bemerken war. Nach und nach entstehen in dieser Zellenmasse durch Auseinanderweichen zwei blindsackähnliche Höhlen, deren eine in gerader Richtung nach vorn hin sich ausbildet, während die andere, nach unten abweichend, sich krümmt. Die vordere dieser Höhlen bildete die bei den Fischen so kurze Speiseröhre; der mehr nach unten gerichtete Blindsack, um welchen sich die größere Menge von Zellen anhäufte, entsprach der Leber. Die Bildung der Drüsenkanäle schritt nun in der Weise fort, daß die anfangs compacten Zellenmassen auseinanderwichen und stets mehr und mehr verzweigte Gänge bildeten, die sich endlich so verästelten, daß man ihrer ferneren Entwickelung kaum mehr folgen konnte. Diesen Beobachtungen zufolge sind demnach die Drüsengänge unzweifelhaft Intercellulargänge, entstanden durch das Auseinanderweichen ursprünglich compacter Zellenmassen des Darmdrüsenblattes. Man kann in gewisser Beziehung sagen, daß sich die Darmhöhle allmählich in die compacte Zellenmasse der Drüse hineingebildet habe, und in diesem Sinne kann man auch die Ausstülpung des Darmes in die Drüse hinein vertheidigen.

Bei den Säugethieren hat man, in der letzten Zeit namentlich, die Entwickelung der Leber in ihrem Uranfange ebenfalls beobachtet. Die Wände des Darmrohres sind hier aus äußerst dicken Zellenlagen gebildet, und längs der inneren Fläche scheidet sich schon sehr frühe eine aus helleren Zellen bestehende dünne Schicht ab. Die erste Anlage der Drüse zeichnet sich nun als

eine kaum bemerkbare Verdickung aus, welcher eine kleine Ausbiegung der hellen, inneren Darmlage entspricht. Je mehr sich nun dieser Höcker entwickelt, desto weiter bringt auch diese Ausbiegung vor und bildet fortwachsende, sich verästelnde Höhlungen, die von der ursprünglichen Ausbiegung der inneren Darmlage ausgehen. Diese Aushöhlungen entstehen stets auf Kosten compacter Zellenmassen, welche anfangs schon im Inneren des Gesammthaufens als solide Stränge erscheinen, die späteren Hohlgänge gleichsam vorzeichnen und sich durch Auseinanderweichen in der Axe aushöhlen. Man sieht also, daß auch hier die Drüsenkanäle anfänglich hohle Intercellularräume darstellen, und daß ihre Haut, welche den Drüsenkanal auskleidet, wahrscheinlich auf die Weise entsteht, daß die auseinandergewichenen Zellen mit einander verschmelzen und eine membranöse Schicht bilden.

In denjenigen Drüsen, welche von Anfang an in keinem Zusammenhange mit dem Darmrohre stehen, wie z. B. in den Hoden, entwickeln sich die Drüsenkanäle dennoch auf ganz analoge Weise. Diese Organe stellen anfänglich eine compacte Zellenmasse dar, in welcher sich nach und nach durch Ausanderweichen verzweigte Intercellularräume bilden, die erst später mit dem Ausführungsorgane in Verbindung treten.

Die Leber ist von allen drüsigen Organen der Bauchhöhle dasjenige, welches bei dem Embryo in weit bedeutenderem Maße entwickelt ist, als selbst im Erwachsenen. Diese verhältnißmäßig so ansehnliche Größe der Leber, die um so bedeutender ist, je jünger die Embryonen sind, erklärt sich leicht aus der innigen Beziehung, in welcher diese Drüse bei dem Fötus zu der Entwickelung des Blutes steht; eine Beziehung, von welcher wir später, bei dem Blutsysteme, einiges Nähere angeben werden.

Die Lungen sind hinsichtlich ihrer Entwickelung noch nicht so genau bekannt, als dies wohl wünschbar wäre. Sie scheinen mit dem Kehlkopfe, der Luftröhre, dem Schlundkopfe und der Speiseröhre aus einer und derselben Zellenmasse zu entstehen, die sich erst nach und nach differenzirt. Bei den jüngsten Säugethierembryonen, bei welchen man überhaupt die Lungen erkennen

konnte, sah man hinter der Kiemenhöhle in einer ziemlich dicken Zellenmasse eine blasenförmige Erweiterung, die nach hinten zu in zwei seitliche flaschenförmige Blindsäcke endigte, zwischen welchen in der Mitte die gerade Speiseröhre herabstieg. Es war also etwa hier ein Verhältniß, wie man es bei den Fröschen bleibend ausgebildet findet, wo ebenfalls unmittelbar aus einer gemeinschaftlichen Höhle die blasenförmigen Lungensäcke und die Speiseröhre ausgehen. In späteren Zeiten sah man bei den Embryonen die beiden Lungen in Form kolbiger Hügel, die unmittelbar der Speiseröhre aufzusitzen schienen, bei genauerer Untersuchung aber mit einer isolirten Luftröhre in Verbindung standen, die hart an der vorderen Wand der Speiseröhre anlag, durch Druck aber sich von derselben trennen ließ. Es scheint demnach, daß anfänglich nur eine gemeinschaftliche Anlage für diese Organe vorhanden ist, und daß die ursprünglich einfache Röhre, in welche die Lungen und die Speiseröhre münden, sich bei fortschreitender Entwickelung in Luftröhre und Kehlkopf einerseits, Schlundkopf und oberen Theil der Speiseröhre anderseits trenne.

Die Verzweigungen der Kanäle, welche das Lungengewebe durchsetzen, scheinen in ähnlicher Weise sich auszubilden, als in den Drüsen, obgleich ihre vollständige Ausbildung nur erst spät eintritt, wie denn die Lungen überhaupt während des Embryonallebens durchaus nicht diejenige Bedeutung haben, welche ihnen später zukommt. Bei den Erwachsenen geht, wie wir früher gesehen haben, das sämmtliche Blut durch die Lungen, um hier in Berührung mit der atmosphärischen Luft die gasförmigen Stoffe auszutauschen. Bei dem Embryo kann kein Zutritt der atmosphärischen Luft stattfinden, und die Lungen haben deshalb keine größere Blutzufuhr, als diejenige, welche nöthig ist, das Organ zu ernähren. Die große Masse des Blutes geht, wie wir später sehen werden, an den Lungen vorbei durch einen eigenen Kanal, welcher aus der Lungenarterie in die Aorta führt. Bis zu der Geburt erscheinen daher die Lungen mehr als compacte drüsige Organe, welche die Brusthöhle nur zum Theil ausfüllen,

und namentlich im Verhältniß zu dem Herzen um so kleiner sind, je jünger der Embryo ist.

Die Harn- nnd Geschlechtsorgane, als die letzte Gruppe der Baucheingeweide, haben von jeher den Embryologen sehr viel zu schaffen gemacht, da sowohl die äußeren Metamorphosen, welche sich im Bereiche dieser Organe zeigen, äußerst mannigfaltig sind, als auch die inneren Theile derselben sehr merkwürdige successive Veränderungen eingehen. Es war zuerst in der Sphäre dieser Organe, daß man von der Unvollständigkeit jener Theorie sich überzeugen mußte, welche alle Organe ohne Ausnahme durch Faltungen der ursprünglichen drei Blätter der Keimhaut entstehen lassen wollte. Man wußte nicht, welchem von den verschiedenen Blättern sie zuzuschreiben, und wenn man auch jetzt das Bewegungsblatt großentheils mit ihrer Bildung beauftragt, so sind damit die einzelnen Vorgänge und Beziehungen bei Weitem noch nicht aufgeklärt.

Schon bei sehr jungen Embryonen, bei welchen die Darmrinne kaum angelegt ist, zeigt sich auf der inneren Fläche der entstehenden Wirbelsäule über der Darmrinne eine lang gestreckte Anhäufung von Bildungsmaterial, welche sich in Form zweier seitlicher Streifen von dem Herzen bis gegen das Rumpfende hin fortzieht. Betrachtet man diese Bildungsmasse näher, so sieht man, daß jeder Streifen aus einer Reihe kolbiger Fortsätze besteht, die etwa aussehen wie die Zähne eines Kammrades. Die abgerundeten Enden dieser Kammzähne sind gegen die Mittellinie hingewendet, während man zu beiden Seiten nach Außen hin compacte Streifen bemerkt, in welchen die Basen der Kammzähne zusammenfließen. Anfangs sind diese beiden Streifen mit ihren Kammzähnen solid, Aggregationen compacter Zellenmassen, die sich aber später aushöhlen, und nun, wie leicht begreiflich, eine Reihe von queren Blindsäcken darstellen, deren kolbige Enden gegen die Mittellinie zugekehrt sind, während sie sich sämmtlich in zwei gemeinschaftlichen, auf der äußeren Seite verlaufenden Ausführungsgängen öffnen. Nach und nach verknäueln sich diese queren Schläuche so unter einander, daß sie ein compactes Organ

darstellen, eine förmliche symmetrische Drüse, welche zu beiden Seiten der Wirbelsäule durch die ganze Länge der Bauchhöhle sich hinabzieht, und deren Ausführungsgang sich in die Allantois oder den Harnsack öffnet.

Man hat diese Organe nach ihrem ersten Entdecker die Wolffischen Körper, die Ur- oder Primordial-Nieren genannt. Sie finden sich bei allen Embryonen in der angegebenen Weise, doch in größerer oder geringerer Erstreckung, und sind um so stärker entwickelt, je jünger der Embryo ist. Merkwürdiger Weise entwickeln sich ihre Ausführungsgänge anfänglich ganz abgesondert von den Drüsen selbst mehr an der Rückensaite in dem Bewegungsblatte, wo sie zuerst als solide Zellenstränge erscheinen, die sich später aushöhlen, gegen die Bauchseite rücken und schließlich mit den Urnieren verbinden.

Es war natürlich, daß man sich von Anfang an mit der Frage nach der Bedeutung dieser räthselhaften Organe beschäftigte, welche nur eine embryonale Existenz besitzen und mit dem Auftreten der eigentlichen Nieren zu Grunde gehen. Jetzt, wo man weiß, daß sie zugleich mit der Allantois entstehen und daß, bei den Säugethieren wenigstens, die Urnierengänge in den Harnsack münden, dessen Flüssigkeit Harnbestandtheile enthält, jetzt kann es wohl keinem Zweifel mehr unterliegen, daß sie wirkliche Drüsen sind, welche ein Secret liefern, das durch seine chemische Zusammensetzung Aehnlichkeit mit dem Urine hat und Harnsäure enthält. Der Bau dieser Wolffischen Körper ist sogar durch Entwickelung Malpighischer Gefäßknäuel mit Flimmerung darin demjenigen der Nieren durchaus analog. Die Function der Wolffischen Körper steht demnach in der nämlichen Beziehung zu dem embryonalen Leben, in welcher diejenige der Nieren zu dem Leben des Erwachsenen sich befindet. Der Harnsack ist das ursprüngliche Reservoir, in welches bei den höheren Wirbelthieren das Secret der Wolffischen Körper sich ablagert, und seine Entwickelung steht in gewissem Verhältniß zu der Ausbildung der Urnieren. Deshalb sehen wir auch bei dem Menschen, wo der Harnsack so früh verschwindet und nur eine sehr geringe Aus-

bildung erlangt, die Urnieren nur eine äußerst geringe Stufe der Entwickelung erreichen.

Die Nieren stehen ohne Zweifel in einem bestimmten Wechselverhältnisse zu den Wolffischen Körpern, obgleich auch daraus durchaus noch nicht folgt, daß sie auf Kosten und aus der Substanz der Wolffischen Körper sich entwickelten. Sie entstehen vielmehr aus einer besonderen Bildungsmasse, welche sich auf der Rückenfläche der Wolffischen Körper zwischen diesen und der Wirbelsäule ansammelt, und dort zwei ovale solide Zellenanhäufungen bildet, die man von der Bauchfläche her erst ansichtig wird, sobald man die Wolffischen Körper entfernt hat. Die Harnkanäle entstehen in den Nieren durchaus so wie in den übrigen Drüsen, durch Auseinanderweichen der ursprünglich soliden Zellenmassen. Schon von Anfang an scheint von der ovalen Zellenanhäufung der Nieren ein solider Zellenstrang auszugehen, der nach unten hin sich erstreckt, sich später aushöhlt und den Harnleiter mit dem Nierenbecken bildet. Erst wenn die Entwickelung der Nierenkanäle im Inneren der soliden Zellenanhäufung einen gewissen Grad erreicht hat, erhält die Niere ein traubiges oder lappiges Ansehen, das dadurch hervorgebracht wird, daß das Zellenmaterial sich mehr um die einzelnen Drüsenkanäle zusammendrängt und dort dichter erscheint, als in den Zwischenräumen. Man hat behauptet, dieses lappige Ansehen der Nieren, welches bei manchen Thieren, wie z. B. dem Bären, während des ganzen Lebens sich erhält, bezeichne die primitive Anordnung dieser Drüse, die aus einzelnen Läppchen zusammenwachse, und auf diese falsche Ansicht gestützt hat man noch vor nicht langer Zeit gewagt, die schwindelndsten Theorieen hinsichtlich der Vergleichung des Embryo mit niederen Säugethieren aufzustellen. Man sieht, daß diese Phantasieen durchaus durch die Beobachtungen widerlegt werden.

Die keimbereitenden Geschlechtsorgane, Hoden und Eierstöcke, scheinen etwa in gleicher Zeit mit den Nieren, oder selbst kurz vor diesen aufzutreten. Sie entwickeln sich aus einem isolirten Häufchen von Zellenmaterial, welches einen läng-

lichen Streifen bildet, das an dem inneren Rande der Wolffischen Körper, und zwar auf der Bauchfläche derselben, sich ablagert. Durch diese Lagerung ist es allein möglich, die keimbereitenden Geschlechtsorgane von den Nieren zu unterscheiden, da sehr bald die ursprünglich längliche Form derselben mehr rundlich wird und dadurch derjenigen der Nieren näher tritt. Es ist begreiflicher Weise in den ersten Zeiten unmöglich, Hoden und Eierstöcke von einander zu unterscheiden, da beide aus einem Häufchen Zellenmaterial zusammengesetzt sind, das noch keine specifisch gesonderten Gewebtheile in sich entwickelt hat. Indeß bildet sich diese Verschiedenheit schon sehr bald aus, indem der Hoden mehr rundlich wird und im Inneren die röhrigen Samenkanäle zeigt, während der Eierstock platt und länglich bleibt, zugleich sich schief stellt und nach und nach die quere Stellung einnimmt, welche er bei dem Erwachsenen hat. In den Eierstöcken der höheren Thiere entwickeln sich ferner niemals solche Röhren, wie in den Hoden, sondern im Gegentheile die bei der Eibildung beschriebenen Einstülpungen, in welchen sich einzelne Zellen zu Eiern ausbilden und durch Abschnürung die Follikel entstehen. Die ausführenden Geschlechtstheile, nämlich Samenleiter und Eileiter, entstehen auf zum Theil verschiedene Weise, indem theils die Ausführungsgänge der Urnieren, theils die sogenannten Müller'schen Gänge dazu verwandt werden. Diese Bildung geht insofern bei beiden Geschlechtern parallel mit einander, als man bei dem einen Geschlechte rudimentäre Bildungen finden kann, die einem ausgebildeten Organe des anderen entsprechen, so z. B. in einer kleinen Ausstülpung an der Vereinigung der Samengänge das Analogon der Gebärmutter u. s. w.; im Ganzen aber ist die Antheilnahme der einzelnen primitiven Theile an der Herstellung der definitiven so verwickelt, daß wir uns versagen, hier näher darauf einzugehen.

Es läge uns hier noch ob, des Genaueren einzugehen auf die Bildung der äußeren Geschlechtstheile, sowie der Reservoirs, die sich an den Harn- und Geschlechtsorganen in verschiedener Weise ausbilden. Die Entstehung der Harnblase verdient

hier vor Allem eine nähere Berücksichtigung, da sie mit derjenigen des Harnsackes in näherer Beziehung steht, der, wie wir eben gesehen haben, zur Ausbildung der Placenta so Vieles beiträgt und für die Ernährung des Fötus eine höchst wichtige Rolle spielt. Der Harnsack selbst scheint aus zwei ursprünglich getrennten Zellenmassen zu entstehen, welche aus dem hinteren Körperende hervorwuchern und ursprünglich durchaus solide Massen darstellen. Diese beiden Zellenhügel vereinigen sich indeß sehr bald, werden hohl und treten nun mit dem Darmkanal in nähere Verbindung, so daß die Höhle des Harnsackes in das hintere Ende des Darmes einmündet. Man glaubte aus diesem Grunde früher, wo man die anfängliche Entstehungsweise des Harnsackes noch nicht kannte, daß derselbe eine blasenartige Ausstülpung der Bauchfläche des Darmrohres sei. Der Harnsack wächst, wie wir früher gesehen haben, sehr schnell über den Embryo hinaus, legt sich mit seinem kolbigen Ende an die zottige Fläche des Chorion an, und leitet auf diese Weise die Nabelgefäße zu der Ansatzstelle der Placenta. Indem nun die Bauchdecken des Embryo von allen Seiten her gegen den Nabel sich schließen, wird der Harnsack in seiner Mitte zusammengeschnürt und, gleich einem Zwerchsacke, in zwei Hälften getheilt : eine äußere, die vom Nabel zur Placenta reicht, bei den Menschen sehr bald verkümmert und den soliden Nabelstrang bilden hilft, und eine innere, welche in den Bauchdecken eingeschlossen von dem Nabel bis zu dem hinteren Darmende sich erstreckt. Die hintere Portion dieses inneren Sackes wird zur Harnblase, während die vordere ebenfalls in einen soliden Strang sich umwandelt, welchen man bei dem Erwachsenen unter dem Namen des Harnstranges oder Urachus kennt.

Es geht aus dieser Darstellung hervor, daß ursprünglich für den ganzen unteren Theil der Geschlechts- und Harnorgane, sowie des Darmes, nur eine gemeinschaftliche Höhle existirt, in welche die Allantois auf der vorderen Fläche einmündet. Zuerst trennt sich nun der Darm von dem Harnsacke und den ausführenden Harn- und Geschlechtstheilen, welche in den Harnsack

einmünden. Es hat demnach dann der Fötus eine gemeinschaftliche Ausmündung für die Harn- und Geschlechtsorgane, eine andere für den Darm. Diejenigen Theile, welche wir bei den Erwachsenen als äußere bezeichnen müssen, fehlen durchaus. Die Entwickelung derselben, namentlich aber ihr Verhältniß zu den ausführenden Organen, ist noch in manches Dunkel gehüllt, und wir können um so weniger in dieselbe eintreten, als sie eine Kenntniß der Anatomie dieser Theile voraussetzen würde, die wir aus leicht begreiflichen Gründen nicht näher behandelt haben. So viel muß indeß hier bemerkt werden, daß die Form der äußeren Geschlechtstheile ursprünglich bei beiden Geschlechtern außerordentlich ähnlich ist, und daß es nur leichter Hemmungen in der Entwickelung dieser oder jener Theile bedarf, um jene mannigfaltigen Mißbildungen zu erzeugen, die man öfter als Hermaphroditen ausgegeben hat. Bei den meisten dieser Mißbildungen ist das Geschlecht sehr deutlich durch die Structur der inneren keimbereitenden Organe zu erkennen, wenn auch die äußeren Theile noch so sehr abweichen. Daß beide Geschlechter vollständig ausgebildet auf einem und demselben Individuum vereinigt sein könnten, ist bei den höheren Säugethieren und dem Menschen durchaus undenkbar, weshalb man auch bei diesen Geschöpfen nicht von Hermaphroditismus im eigentlichen Sinne des Wortes reden kann. Aus der früheren Aehnlichkeit der äußeren wie der inneren Geschlechtstheile, aus der Unmöglichkeit, Hoden und Eierstöcke von Anfang an zu unterscheiden, hat man eine Menge der lächerlichsten Ansichten über anfängliche Geschlechtslosigkeit, ursprüngliche Weiblichkeit des Embryo u. s. w. ausgesponnen, die begreiflicher Weise keiner Beachtung werth sind. So gewiß als das Ei ursprünglich die Anlage zu allen Organen des Embryo in sich schließt, wenn dieselben auch nicht sichtlich hervortreten, so gewiß befindet sich auch von Anfang an in ihm die Anlage der speciellen Geschlechtsorgane, die dann in die äußere Erscheinung treten, wenn es die Entwicklung der Gattung erfordert.

Siebenundzwanzigster Brief.

Das Blutgefäßsystem.

Bei der Entwickelung des Blutgefäßsystemes ko
mannigfach verwickelte Processe in Betracht, daß es n
erscheint, die Ausbildung dieses so wichtigen Systeme
seinen verschiedenen Elementartheilen zu betrachten.
deshalb ersprießlich sein, zuerst von der Entstehung des
des ersten Kreislaufes, des Blutes und der Gefäße zu
und dann erst anzudeuten, in welcher Weise die urspr
Anlagen des Blutsystemes sich umgestalten, um diejeni
des Kreislaufes hervorzubringen, die wir schon früher
Erwachsenen kennen gelernt haben.

Die älteren Beobachter hielten so ziemlich allgeme
daß das Herz das erste Organ sei, welches bei dem
sich bilde, und in Folge dieses Beobachtungsfehlers gla
daß von dem Herzen als Centralpunkt aus eigentlich
stehung sämmtlicher anderer Organe bedingt werde,
Herz demnach eben so wichtig für die Embryonalbildun
es für das spätere Leben erscheint. Der Irrthum in
obachtung rührte hauptsächlich von dem Umstande her,
älteren Beobachter die so durchsichtigen Uranlagen des
systemes übersahen, das Herz dagegen seiner rothen F
lebhaften Bewegungen wegen bald unterschieden. We
diese Ansicht auch durch spätere Untersuchungen sich

erwiesen hat, so kann dennoch das frühzeitige Erscheinen des Herzens als ein wesentlicher Charakter der Wirbelthiere angesehen werden. Bei vielen wirbellosen Thieren ist das Herz das letzte Organ, dessen Anlage man unterscheiden kann; bei allen ohne Ausnahme sind die meisten Organe des Leibes schon auf einer bedeutenden Stufe der Ausbildung angelangt, ehe das Herz sich zu zeigen beginnt. Bei den Wirbelthierembryonen hingegen muß man, um die erste Bildung des Herzens zu sehen, auf die früheste Zeit der embryonalen Entwickelung zurückgehen, auf diejenige Zeit nämlich, wo der Embryo noch ganz flach mit der Bauchfläche über dem Dotter ausgebreitet ist, die primitiven Hirnblasen, die Chorda und die ersten Wirbelplatten eben angelegt sind und die Kopfdarmhöhle in ihrer Entstehung begriffen ist. Der Embryo beginnt zu dieser Zeit mit dem Kopfende sich von der Dotterfläche abzuheben. Während nun das Kopfende sich loslöst und eine untere freie Fläche zeigt, erblickt man an dieser Bauch- oder Dotterfläche des Kopfes eine cylindrische Zellenanhäufung, welche in der ganzen Länge des Kopfes von vorn nach hinten verläuft und die sich in der durch Spaltung abgezweigten vorderen Wand der Kopfdarmhöhle differenzirt hat. Etwa in der Gegend, wo das Nachhirn endet, oder noch ein wenig hinter diesem Orte, nämlich an der Stelle, wo die vorderen Extremitäten hervorbrechen werden, läuft diese Zellenanhäufung in zwei seitliche Schenkel aus, die sich unbestimmt nach der Seite hin über die Grenze des Embryo's ausdehnen und auf der Dotterfläche verlieren, ohne genau begrenzt werden zu können. Dieser solide, hinten zweischenkelige Zellencylinder ist die Uranlage des Herzens, die anfangs ganz horizontal und gerade auf dem Dotter liegt, oder vielmehr zwischen dem Vorderende des Embryo nach außen und dem Dotter nach innen eingeschlossen ist. Bei den Säugethieren, wo durch die Entwickelung der Kopfbeuge der vordere Theil des Kopfes, wie oben ausgeführt wurde, gegen den Dotter hin eingeknickt wird, behält das Herz so ziemlich seine horizontale Lage, bei den Fischen aber z. B., wo die Kopfbeuge nur angedeutet, die Nackenbeuge aber etwas stärker

entwickelt ist, stellt sich das Herz zu einer gewissen Zeit des Embryonallebens fast senkrecht gegen die Körperaxe.

Bei diesen letzteren Thieren, deren Embryonen außerordentlich durchsichtig sind, kann man sich sehr leicht überzeugen, daß das Herz ursprünglich eine vollkommen solide Zellenmasse darstellt, die keine Höhlung in ihrem Inneren enthält. Nach und nach entwickelt sich diese Höhlung in der Axe des Herzstranges, und zwar wahrscheinlicher Weise durch Auseinanderweichen, vielleicht auch durch theilweise Auflösung der Zellen, die in dem Centrum des Stranges sich befinden. Sobald diese innere Höhlung angelegt ist, beginnen auch die abwechselnden Zusammenziehungen des Herzens, obgleich dasselbe nur noch aus einfachen runden Zellen besteht, welche sich noch nicht zu Fasern ausgebildet haben. Die meisten neueren Beobachter haben sich von dieser Thatsache überzeugt, und manche derselben haben in diesen Zusammenziehungen eines nur bloß noch aus Zellen zusammengesetzten Organes mit vollem Rechte einen Beweis der Contractilität der ursprünglichen Zellen gesehen. Gewiß ist auch, daß die Höhle des Herzschlauches in der ersten Zeit ihrer Bildung durchaus für sich abgeschlossen ist, daß diese Höhle anfänglich weder nach vorn in Gefäße des Embryo, noch auch nach hinten in die beiden Schenkel der Herzanlage sich fortsetzt, und daß die in ihr befindliche Flüssigkeit durch die rhythmischen Zusammenziehungen des Herzschlauches abwechselnd hin- und herbewegt wird, ohne einen Ausgang zu finden. Man kann dies am leichtesten aus dem Umstande ersehen, daß öfters einige Zellen von der inneren Herzwand sich loslösen und dann in der Herzhöhle mit der darin enthaltenen Flüssigkeit auf und nieder getrieben werden, ohne aus dem Herzschlauch entweichen zu können.

Es geht aus diesen Beobachtungen, in welchen die neueren Forscher bei den verschiedensten Thieren übereinstimmen, hervor, daß das Herz durchaus isolirt für sich entsteht, daß seine Höhlung ursprünglich mit keinen Gefäßen im Zusammenhange ist, und daß diese Höhle als ein großer Intercellularraum angesehen werden muß, dessen Wände durch die Zellenmassen des Herz-

schlauches gebildet werden. Es ist in dieser letzteren Beziehung völlig gleichgültig, ob dieser innere Raum durch Auflösung und Zerfließen der centralen Zellen des Herzschlauches gebildet werde, oder aber durch Auseinanderweichen derselben; welches letztere indeß aus dem Grunde wahrscheinlicher ist, weil oft einzelne losgerissene Zellen im Inneren herumgetrieben werden. In beiden Fällen bleibt indeß die Bedeutung der Herzhöhle als Intercellularraum wesentlich bestehen.

Während man die erste Bildung des anfänglichen Herzschlauches beobachtet, entwickelt sich zugleich auf der Oberfläche des Schleimblattes in der Umgebung des Embryo eine eigenthümliche Schicht von Zellen, welche hauptsächlich dazu bestimmt sind, die ersten Elemente des Blutes in sich auszubilden. Im ganzen Umfange eines Kreises nämlich, den man von der Mitte des Embryo aus ziehen würde, und dessen Durchmesser etwa um ein Viertheil länger sein würde, als der Embryo; — in dem Umfange eines solchen Kreises, sage ich, kann man bald nach dem Erscheinen der ersten Anlage des Herzens eine hautartige Zellenschicht unterscheiden, welche ein geflecktes Ansehen bietet, indem dunklere Inseln von Maschen hellerer Substanz durchzogen sind. Diese hautartige Zellenschicht, welche anfangs mit dem Schleimblatte in engem Zusammenhange steht, später aber von ihm abgelöst werden kann, ist dasjenige, was ältere und neuere Embryologen das Gefäßblatt genannt haben. Trotz der Trennung, welche man zwischen diesem Gefäßblatte einerseits und dem Schleimblatte andererseits vornehmen kann, darf indeß dasselbe dennoch nicht mit den anderen Blättern der Keimhaut in gleichen Rang gestellt werden, da es, wie wir sogleich sehen werden, an der Bildung der Organe des Körpers keinen Antheil nimmt, sondern außerhalb des Embryo auf dem Dotter verbleibt. Um dieser Ursache willen möchte es geeigneter sein, dieses Gefäßblatt unter dem Namen der blutbildenden Schicht oder des Bluthofes zu bezeichnen.

In ihrer Peripherie ist die Blutbildungsschicht rundum durch einen dunkleren Kreis genau abgegränzt, der nur dem Kopfende

des Embryo gegenüber unterbrochen ist. Beobachtet man nun die Blutbildungsschicht weiter in ihrer Entwickelung, so sieht man, daß in dem Umkreise der dunklen Stellen die helleren Zwischenlagen allmählich auseinander weichen, daß sich solide Zellenstränge bilden, welche maschenartig zusammenhängen und hellere Inseln umgeben, in denen man oft Haufen dunkler Zellen sieht. Die Maschenstränge begränzen sich mehr und mehr, bilden ein dichtes Netz, werden nun im Inneren in derselben Weise hohl, wie das Herz schon gewesen war, erweitern sich hie und da und bilden so endlich ein Netz dickwandiger plumper Kanäle, in welchen Haufen von dunklen Embryonalzellen abgelagert sind, die sich zu Blutkörperchen ausbilden. Anfangs erscheinen diese in der Blutbildungsschicht entstandenen Maschengefäße noch für sich isolirt. Sobald sie aber so weit herangebildet sind, daß man ihre Höhlen bemerken kann, haben sich diese Höhlen auch von beiden Seiten her mit den hinteren Schenkeln des Herzschlauches verbunden und in diese geöffnet. Mit der Herstellung dieser Verbindung beginnt auch der erste Kreislauf, indem die rhythmischen Zusammenziehungen des Herzens, welche schon vorher thätig waren, auch auf die in den Maschengefäßen der Blutbildungsschicht befindliche Flüssigkeit ihre Wirkung fortpflanzen. Um diesen ersten Kreislauf zu begreifen ist es indessen nöthig, auch diejenigen Gefäße zu berücksichtigen, welche sich in dem Körper des Embryo selbst gebildet haben. Der Herzschlauch selbst hat sich nämlich während der Ausbildung der Gefäße verlängert und S förmig zusammengekrümmt. Während man früher sein vorderes Ende nicht deutlich unterscheiden konnte, kann man sich jetzt überzeugen, daß er nach vorn eben so wie nach hinten in zwei Schenkel sich theilt, die sich gegen die Schädelbasis hin um die Speiseröhre herumbiegen, über derselben und unter der Wirbelsaite nach hinten zu sich vereinigen, und so einen kurzen Stamm bilden, der längs der Chorda gegen den Schwanz hin verläuft. Der Herzschlauch endigt also nach vorn in zwei Aortenbogen, welche durch ihre Vereinigung eine mittlere Aorta bilden. Diese theilt sich in ihrem Verlaufe nach hinten zu in zwei seit-



Fig. 108. Ein etwa 26 Tage alter Hundeembryo, fünfmal vergrößert, von der Seite gesehen.

a. Vorderhirn mit der Scheitelbeuge. b. Zwischenhirn. c. Mittelhirn. d'. Kleines Gehirn. d. Nachhirn. e. Auge. f. Ohrbläschen, durch einen Stiel (Hörnerven) mit dem Nachhirn zusammenhängend. g. Oberkiefer. h. Unterkiefer (erster Kiemenbogen). i. Zweiter Kiemenbogen. k. Rechte Vorkammer des Herzens. l. Linke Kammer. m. Rechte Kammer. n. Aortenstiel. o. Leber. p. Herzbeutel. q. Darmschlinge, in welche das Nabelbläschen s. mit seinem Stiele r. einmündet. t. Allantois. u. Amnios. v. Vordere Extremität. x. Hintere Extremität. w. Wirbelsäule. y. Schwanz. z. Nase. 1. Kopfbeuge. 2. Nackenbeuge.

liche Stämme, die längs der Wirbel bis zu dem Körperende verlaufen und nach beiden Seiten hin quere Aeste aussenden, die sich ebenfalls in der Blutbildungsschicht verzweigen.

Der erste Kreislauf des Embryo geht demnach in folgender Weise vor sich. Aus dem S förmig gekrümmten Herzschlauche (d) wird das Blut in die beiden Aortenbogen getrieben, strömt durch die anfangs ganz einfache Aorta, dann durch die beiden aus derselben entstehenden Wirbelarterien (e) nach hinten, und vertheilt sich endlich in maschenförmigen Netzen durch die aus den Wirbel-



Fig. 109.

Kaninchenembryo mit entwickeltem erstem Blutkreislaufe von der Bauchfläche aus gesehen. a. Kreisvene. b. Vorderer, c. hinterer Ast der großen Dottergekrösvene, die von jeder Seite her in den hinteren Herzschenkel sich fortsetzt. d. Das S förmig gebogene Herz. e. Nach hinten laufende Wirbelarterien. f. Dotterarterien. g. Hirn mit den primitiven Augenblasen.

arterien entspringenden seitlichen Dotterarterien (f) auf der Blutbildungsschicht. Der dunkle Kreis, welcher die Peripherie dieser Schicht begränzte, hat sich in ein zusammenhängendes Gefäß, die sogenannte Kreisvene (a), umgewandelt, welche den Embryo fast überall umgiebt, in der Nähe des Kopfes aber einbiegt und so zwei Stämme (vordere Dottervene b) bildet, in welchen das Blut gegen die beiden Schenkel des Herzschlauches hinströmt. Ebenso sammelt sich, dem Hintertheile des Embryo entsprechend, das Blut in zwei seitlichen Stämmen (hintere Dottervene c), in welchen es von hinten nach vorn gegen den gemeinschaftlichen Stamm der Dottergekrösvene durch diesen in die Herzschenkel

strömt, um von da aus durch das Herz die Bahn von neuem wieder zu beginnen. Betrachtet man einen Embryo aus dieser Periode, der mit ausgebreitetem Gefäßblatte auf dem Rücken liegt, so erscheint der Fötus als die Axe zweier Halbmonde, die mit ihren hinteren Spitzen zusammenstoßen, vorn aber von einander getrennt sind. Die äußere Peripherie dieser Halbmonde wird von der Kreisvene, die innere von den Dottervenen gebildet; — in der Mitte etwa hängen die Halbmonde durch zwei vorspringende Zipfel, die Herzschenkel, mit dem Herzschlauche zusammen. Es erscheint also dieser erste Kreislauf im Verhältniß zu dem Embryo als ein durchaus äußerlicher. Maschenartige, den Capillaren entsprechende Gefäße zeigen sich nur in der Blutbildungsschicht, nicht aber in der Embryonalsubstanz, in welcher außer der Aorta und den beiden Wirbelarterien durchaus keine Gefäße sich finden. Der erste Kreislauf ist also offenbar darauf berechnet, ein Capillarnetz in der Blutbildungsschicht in größter Nähe mit dem Dotter auszubilden, und damit die Zufuhr von Substanz aus dem Dotter zu vermitteln.

Es würde für den Zweck unserer Darstellung zu weit führen, wollten wir hier auseinander setzen, in welcher Weise dieser erste Kreislauf sich allmählich abändert und wie er durch die mannigfaltigsten Umbildungen in diejenige Form übergeht, welche wir bei dem ausgetragenen Fötus erblicken. Der Herzkanal, der früher einfach war, schlingt sich allmählich mehr und mehr zusammen, erweitert sich an gewissen Stellen, während er an anderen sich zusammenschnürt, und entwickelt sich endlich durch die mannigfaltigsten Verwachsungen zu jener Form des Herzens, welche wir in einem früheren Briefe bei dem Erwachsenen kennen gelernt haben. Mit der weiteren Ausbildung der embryonalen Organe entstehen auch in diesen Gefäße, welche ihrem Verlaufe nach die mannigfaltigsten Metamorphosen durchgehen, ehe die bleibende Gestalt des Kreislaufes hervorgebracht ist. Man hat sehr oft behauptet, die Organe entstünden gleichsam durch Ablagerung aus den Gefäßen; — es bildeten sich erst Gefäßschlingen, in deren Zwischenräumen sich dann die Substanz der Organe niederschlüge

und anhäufte. Die Beobachtung thut im Gegentheile dar, daß alle Organe ohne Ausnahme bei ihrer Entstehung aus compacten Zellenhaufen gebildet sind, in denen erst später Gefäße auftreten, und zwar kann man mit vollkommener Sicherheit den Satz aufstellen, daß sich später erst dann Gefäße in den Organen bilden, wenn die Zellen derselben sich zu differenziren und in besondere Gewebtheile umzubilden beginnen. So lange ein Organ aus primitiven Embryonalzellen besteht, die überall gleichförmig sind, genügt die Lebensthätigkeit dieser Zellen zu der Ernährung und Fortbildung des Organs. Sobald aber die Zellen in specielle Elementartheile überzugehen beginnen, hier Fasern, dort Epithelien, Nervenröhren oder Muskelcylinder aus sich entwickeln, zeigen sich auch an bestimmten Orten Gefäße, deren Capillaren bei dem allmählichen Zugrundegehen der Zellenvegetation der Ernährung des Organes vorstehen. Die Gefäße bilden sich demnach wie andere Elementartheile auf dem Platze selbst durch die Differenzirung der primitiven Zellen. Sie wachsen weder in die Organe hinein, noch aus denselben hinaus.

Es fragt sich indessen, auf welche Weise die Gefäße entstehen, und wie man dieselben der Zellentheorie gegenüber ansehen muß. Was nun zuerst das Herz und die großen Gefäße, der Blutbildungsschicht sowohl als auch des Embryo, betrifft, so unterliegt es keinem Zweifel mehr, daß dieselben durch Auseinanderweichen ursprünglich compacter Zellenstränge sich bilden. Nicht nur an dem Herzen hat man diese Entstehungsweise direct beobachtet, sondern auch an den Stämmen und Aesten der Gefäße, welche sich in der Blutbildungsschicht erzeugen. Die auseinander gewichenen Zellenmassen bilden die Wandungen dieser primitiven Gefäßrinnen, und anfangs ist der Zusammenhang derselben noch so lose, daß man öfters beobachtete, wie Zellen von diesen Wandungen sich loslösten und in dem Blutstrome mit fortgerissen wurden. Allmählich verschmelzen die Begränzungszellen der Gefäße inniger mit einander und bilden dann eine gesonderte Gefäßwandung, in welcher sich meistens Fasern entwickeln. Neuere Beobachtungen machen es wahrscheinlich, daß alle Gefäße, welche

in primitiver Zeit bei Embryonen auftreten, Wandungen besitzen, die aus mehrfachen Zellenlagen hervorgegangen sind, daß demnach alle Gefäße, welche in der ersten Zeit entstehen, als wahre Intercellularräume betrachtet werden müssen, die sich zwischen den Zellenanhäufungen ausgehöhlt haben. Man hatte die Folgerungen aus diesen Beobachtungen sogar so weit getrieben, daß man behauptete, alle diese Gefäße würden durch den Stoß des Herzens ausgehöhlt, das durch seine Zusammenziehung die in ihm enthaltene Flüssigkeit gleichsam in die losen Zellenanhäufungen hineinspritzte. Abgesehen davon, daß eine solche Erklärung geradezu absurd genannt werden kann, indem es unmöglich wäre, zu begreifen, aus welchem Grunde die Blutbahnen sich überall bei tausend und aber tausend Embryonen an demselben Orte aushöhlen, und wie ein aus losen Zellenmassen bestehendes Herz Kraft genug entwickeln könne, um durch die von ihm bewegte Flüssigkeit andere Zellenanhäufungen auseinander treiben zu können; abgesehen hiervon, sage ich, liegen noch bestimmte Beobachtungen vor, daß solche Intercellularräume sich durchaus abgesondert bilden und dann erst mit den schon bestehenden Blutbahnen in Communication treten. Wo aber die nackte Thatsache widerspricht, da bedarf es keiner weiteren Widerlegung.

Die Capillargefäße des Körpers entstehen in ganz anderer Weise, als die größeren Stämme und diejenigen embryonalen Gefäße, welche auf dem Fruchthofe z. B. sich ausbreiten. Man sieht zuerst helle kernhaltige Zellen mit abgerundeten Ecken, welche sich aneinander legen und durch Verschmelzung der Zwischenwände etwas weitere Röhren bilden, die in die größeren Stämme sich öffnen. Später sprossen aus diesen Zellen zarte faserartige Spitzen und Ecken hervor, welche sich rasch verlängern, durch das Gewebe hindurch fortwachsen, und endlich zu einem Netze feiner Kanäle mit einander verschmelzen, das so eng ist, daß nur Blutwasser darin circuliren kann. Durch den Andrang des Blutstromes erweitern sich diese Kanälchen, von Zeit zu Zeit schlüpft ein Blutkörperchen hinein, welches sich durchdrängt, und

so wird allmählich das vollständige Netz hergestellt, und jedes Gefäßchen hinlänglich erweitert, um Blutkörperchen durchzulassen.

Das Blut ist, wie wir in einem früheren Briefe weitläufig auseinandersetzten, keine homogene Flüssigkeit, sondern aus einem farblosen Serum und gefärbten Blutkörperchen zusammengesetzt, die bei jedem Thiere eine ganz eigenthümliche Form und Größe besitzen und von allen anderen Gewebtheilen sich auf den ersten Blick unterscheiden. Es fragt sich nun, in welcher Weise diese eigenthümlichen Gewebelemente des Blutes entstehen? Man hat über diesen Punkt die mannigfaltigsten Untersuchungen angestellt, und während früher mancherlei Widersprüche in den Beobachtungen sich zeigten, scheinen diese jetzt zu einem befriedigenden Ganzen vereinigt werden zu können.

Die ersten Blutzellen, denn so muß man ohne Zweifel dieselben benennen, sind weiter nichts als Zellenhaufen, sowohl von den Organen, als von der Blutbildungsschicht. Wir haben gesehen, daß in dem Herzen sowohl wie in den größeren Gefäßen, sobald ihre Höhlung sich zu entwickeln beginnt, einzelne innere Zellen oder auch ganze Zellenhaufen losgelöst und in den Blutstrom mit fortgerissen werden. Dasselbe findet Statt mit den dunkleren Zellenmassen in der blutbildenden Schicht, um welche herum sich Gefäßrinnen bilden. Sobald diese mit der Herzhöhlung in Verbindung getreten sind, werden die dunkleren Zellen durch den mitgetheilten Stoß des Herzens allmählich in Bewegung gesetzt, fortgerissen, und bilden so die ersten Blutkörperchen, welche sich anfangs in nichts von den ursprünglichen Embryonalzellen unterscheiden. Sie sind durchaus farblos, rund, von weit bedeutenderer Größe als die platten Blutkörperchen des Erwachsenen, und zeigen wie alle Embryonalzellen deutliche Kerne und körnigen Inhalt. Der Inhalt dieser ersten Blutzellen namentlich entspricht ganz demjenigen der übrigen primitiven Zellen, weshalb er bei den Fröschen z. B. aus mehr festen Dottertäfelchen besteht, bei den Säugethieren feinkörniger Natur ist. Die Umwandlung dieser Zellen in gefärbte Blutkörperchen geht in der Weise vor sich, daß der körnige Inhalt nach und nach

aufgesogen wird und verloren geht, daß die ursprünglich bedeutend große Zelle kleiner wird, sich abplattet, durch Theilung in zwei kleinere Zellen sich spaltet, und daß die kleineren Zellen sich mit Blutfarbstoff füllen, der bekanntlich in der Masse der Blutkörperchen durchaus gleichförmig vertheilt ist. Die spätere Vermehrung der Blutzellen geschieht dann, wie wir oben sahen, durch Theilung.

Die wesentlichsten Resultate, welche wir über die Bildung der Gefäße und des Blutes besitzen, lassen demnach alle größeren Gefäße so lange als Intercellularräume erscheinen, bis sie sich allmählich durch Differenzirung ihrer Wandungen als selbstständige Röhren hinstellen, während die Capillargefäße innere Zellenhöhlen sind, die in diese Intercellularräume sich öffnen. Die Beobachtung läßt ferner die Blutkörperchen theils aus ursprünglich losgerissenen Embryonalzellen hervorgehen, theils auch innerhalb der schon gebildeten Gefäße in besonderen Blutbildungsherden neu entstehen. Bei den Säugethieren läßt sie die Leber als solchen späteren Bildungsherd erscheinen.

Der Uebergang des embryonalen Kreislaufes in denjenigen, welcher nach der Geburt und bei dem Erwachsenen sich zeigt, bildet einen zu wichtigen Abschnitt in der Geschichte des Fötus, als daß wir nicht einige Augenblicke bei demselben verweilen sollten. Wir haben gesehen, daß bei dem Erwachsenen das Herz vollkommen in zwei Hälften, eine linke und eine rechte, geschieden ist; daß aus der linken Herzhälfte das Blut in den ganzen Körper getrieben wird, durch die Capillaren des Körpers und die Körpervenen in das rechte Herz strömt, von dort aus mit erneuter Kraft den Lungen zueilt, und aus diesen in die linke Herzhälfte zurückkehrt. Wir haben ferner gesehen, daß nur innerhalb der Capillargefäße das Blut seine Beschaffenheit ändert, und daß beim Erwachsenen kein anderer Zusammenhang zwischen arteriellem und venösem Blute gegeben ist, als durch Vermittelung der Capillaren. Diesen Verhältnissen gegenüber haben wir den ersten Kreislauf des Blutes im Embryo im Anfange dieses Briefes beschrieben, dessen wesentlicher Charakter darin

besteht, daß man keinen Unterschied zwischen venösem und arteriellem Blute nachweisen kann, daß das Herz nur einen einfachen Schlauch darstellt, von welchem aus das Blut längs des Körpers hinabläuft, ohne in die Substanz desselben sich zu vertheilen; es geht vielmehr in seiner Gesammtheit durch die Nabelarterien auf die Nabelblase über, um dann durch die Nabelvene in den einfachen Herzschlauch zurückzukehren. Es fragt sich nun, wie sich diese beiden Extreme vermitteln, und namentlich, wie der letzte Kreislauf des Embryo unmittelbar vor der Geburt sich verhalte.

Ursprünglich fanden sich nur zwei Aortenbogen, die, ohne Aeste abzugeben, sich unter der Wirbelsäule vereinigten, um die große Körperarterie, die Aorta, zu bilden. Nach und nach entwickeln sich aber eben so viele Gefäßbogen aus dem Herzen, als man Kiemenbogenpaare zählt. Alle diese Bogen umfassen den Schlund und vereinigen sich über demselben in der Aorta. Sehr schnell verkümmern aber mehrere dieser Bogen, während andere, besonders ein linker und ein rechter, sich stärker ausbilden. Zugleich entwickelt sich die Scheidewand der Herzkammern, so daß der eine dieser übriggebliebenen arteriellen Aortenbogen der linken, der andere der rechten Herzhälfte angehört. Statt eines doppelten, durch eine senkrechte Scheidewand getheilten Vorhofes sieht man zu dieser Zeit nur einen einfachen Venensack, in welchen die von oben und unten kommenden venösen Gefäße einmünden. Die Nabelblase ist geschwunden mit ihrer ganzen Circulation; dagegen hat sich die Placenta durch Mithülfe des Harnsackes hervorgebildet, und die Körperorgane erhalten sämmtlich Blut durch Arterien, welches sie durch Venen dem Herzen wieder zusenden. So hat sich allmählich eine eigenthümliche Form des Kreislaufes herangebildet, deren wesentlicher Charakter darin besteht, daß die obere und untere Körperhälfte aus verschiedenen Herzhälften versorgt werden, und ein Theil des Blutes außerhalb des Embryo nach der Placenta hin getrieben wird, um dort den Austausch mit der Blutmasse der Mutter zu besorgen.. Das Blut strömt bei dieser Zwischen-

form des Kreislaufes aus der linken Herzkammer durch ein bedeutendes Gefäß, die linke oder obere Aorta, hervor und vertheilt sich nach dem Kopfe und den oberen Extremitäten. Aus den Capillaren dieser Gebilde sammelt es sich wieder in einen einzigen Stamm, die obere Hohlvene, welcher sich in den gemeinschaftlichen Venensack, doch etwas mehr gegen die rechte Seite hin, öffnet. Aus diesem in die rechte Kammer getrieben läuft das Blut durch die untere oder rechte Aorta hervor, welche im Bogen sich gegen die Wirbelsäule hin krümmt, Zweige an Lunge, Leber und alle Eingeweide giebt und zuletzt sich in die Extremitäten vertheilt. In der Bauchhöhle aber giebt diese untere Aorta zwei Arterienstämme ab, die Nabelarterien, die früher dem Harnsacke angehörten und nun durch den Nabelstrang nach der Placenta hingehen, um dort sich zu vertheilen. Das Blut der rechten Aorta, des rechten Ventrikels, versorgt also die untere Körperhälfte, die Eingeweide und die Placenta. Von den Extremitäten kehrt es durch die unteren Venen, von der Placenta durch eine Nabelvene zurück, und vermischt sich mit dem aus der Leber kommenden Blute in einem großen Gefäße, der unteren Hohlvene, die in den gemeinschaftlichen Venensack, doch etwas mehr nach links hin, sich öffnet. Das Blut der unteren Hohlvene strömt dieser Richtung der unteren Hohlvene zufolge mehr in den linken Ventrikel und beginnt von diesem aus wieder seine Bahn durch die linke oder obere Aorta.

Die obere Körperhälfte erhält demnach einzig und allein Blut aus dem linken Ventrikel, dessen Aorta sich ganz in derselben vertheilt, und sendet das Blut sämmtlich in die rechte Vorhofshälfte zurück. Die linke Aorta wird aber besonders durch die untere Hohlvene gespeist, welche das von der Placenta zurückkehrende Blut enthält. Dieses war aber mit dem Blute der Mutter in Wechselwirkung, und hat dadurch analoge Veränderungen erfahren, wie diejenigen, welche später in den Lungen erzielt werden. Daraus erklärt sich die vorwiegende Entwickelung der oberen Körperhälfte in der früheren Zeit des Embryonallebens. Die untere Körperhälfte erhält durch Vermittelung der

oberen Hohlvene, des rechten Ventrikels und der rechten unteren Aorta fast nur Blut, welches schon die Capillarsysteme der oberen Körperhälfte durchlaufen hat, dem aber durch die, in dem gemeinschaftlichen Venensack des Herzens gegebene Communication, einiges von der Placenta herkommende Blut beigemischt wird. Der Lungenkreislauf besteht zu dieser Zeit aus einem höchst geringen Arterienzweige, der von der rechten Aorta abgeht, und aus einer kleinen Vene, welche in die untere Hohlvene zurückkehrt. Bedeutender ist schon der Leberkreislauf, indem einerseits das von den Eingeweiden kommende Blut sich in eine Pfortader sammelt, die sich in der Leber verzweigt, anderseits auch die von der Placenta zurückkommende Nabelvene Zweige in die Lebersubstanz abgiebt. Die so aus der Pfortader und den Nabelvenen gebildeten Capillarien der Leber sammeln sich in Lebervenen, welche sich in die untere Hohlvene ergießen.

Während nun der Fötus der Reife sich nähert, bildet sich allmählich eine Scheidewand in dem gemeinschaftlichen Venensacke aus, die denselben in zwei Vorhöfe abscheidet, welche aber noch immer durch eine bedeutende Communicationsöffnung, das eirunde Loch (Foramen ovale), durchbrochen ist. Die beiden Aorten haben sich aneinander gelegt und sind mit einander verschmolzen an der Stelle, wo sich der Bogen der rechten Aorta nach hinten hinwandte. Die Lungenarterie ist größer geworden. Der Bogen der rechten Aorta, von dem Ursprunge der Lungenarterie an bis zu der Vereinigungsstelle, heißt jetzt der Arteriengang (Ductus arteriosus Botalli). Die Circulation in der Leber hat sich schärfer begränzt, und der gesammte Kreislauf hat jetzt bei dem reifen Fötus unmittelbar vor der Geburt folgende Anordnung (s. S. 669).

Aus der linken Herzkammer strömt das Blut durch die linke Aorta im Bogen aus und vertheilt sich in die Gefäße der oberen Körperhälfte. Unmittelbar hinter der Abgabestelle dieser Gefäße öffnet sich der Bogen in denjenigen der absteigenden, aus dem rechten Ventrikel kommenden Aorta, die also auch einiges Blut aus dem linken Ventrikel erhält. Das nach Kopf und Armen

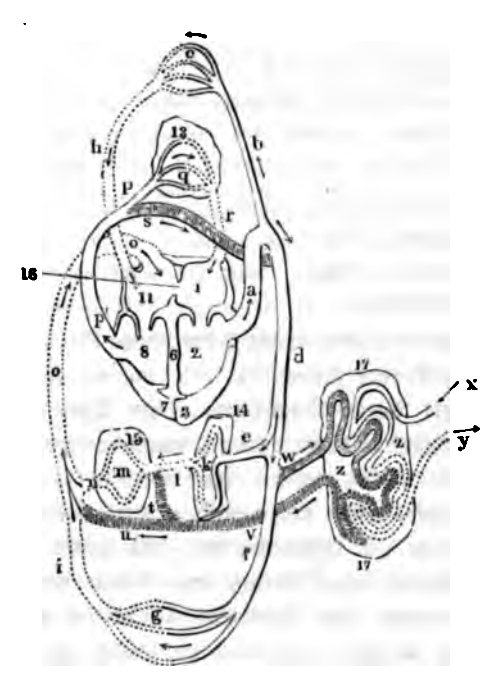


Fig. 110. Schematische Darstellung des Blutkreislaufes der Frucht, kurze Zeit vor der Geburt. Die Figur ist in ähnlicher Weise gehalten, wie die schematische Darstellung des Blutkreislaufes des Erwachsenen, S. 14, und um die Vergleichung zu erleichtern, sind dieselben Zahlen und Buchstaben zur Bezeichnung derselben Gegenstände verwendet. Die Haargefäßsysteme sind durch einfache Verästelungen angezeigt; alle zum Herzen führenden Gefäße (Venen) sind mit punktirten Linien, alle vom Herzen wegführenden Gefäße (Arterien) mit zusammenhängenden Contourlinien bezeichnet; kleine Pfeile zeigen die Richtung der Blutströmung. Diejenigen Gefäße, welche nach der Geburt obliteriren und durch dieselben außer Thätigkeit gesetzt werden, sind quer schraffirt.

1. Linker Vorhof. 2. Höhle der linken Kammer. 3. Spitze des Herzens. 6. Scheidewand der Kammern. 7. Spitze der rechten Kammer. 8. Höhlung der rechten Kammer. 11. Rechter Vorhof. 13. Lunge. 14. Darm. 15. Leber. 16. Das eirunde Loch (Foramen ovale), welches die Scheidewand der Vorhöfe durchbricht und eine Communication zwischen rechtem und linkem Vorhof herstellt, die später zuwächst. 17. Mutterkuchen (Placenta).

a. Arterieller Körperstrom (linke Aorta). b. Arterieller Strom für den Oberkörper. c. Capillarsystem des Oberkörpers. d. Arterieller Strom für

den Unterkörper. e. Arterieller Strom für die Verdauungsorgane. f. Arterieller Strom für die Beine. g. Capillarsystem des Unterkörpers. h. Venöser Strom vom Oberkörper (obere Hohlvene). i. Venöser Strom vom Unterkörper. k. Capillarsystem der Verdauungsorgane. l. Pfortader. m. Capillarsystem der Leber. n. Lebervenen. o. Untere Hohlvene. p'. Rechte Aorta. p. Lungenarterien. q. Capillarsystem der Lungen. r. Lungenvene. s. Botallischer Gang (Ductus arteriosus Botalli). t. Aeste der Nabelvene zur Pfortader. u. Gang von der Nabelvene zur Hohlvene (Ductus venosus Arantii). v. Nabelvene. w. Nabelarterien. x. Arterielle Gefäße des mütterlichen Uterus. y. Venöse Gefäße des mütterlichen Uterus. z. Capillarsystem der Placenta.

vertheilte Blut der linken Aorta kehrt durch die obere Hohlvene in den rechten Vorhof zurück und wird von der rechten Kammer durch die rechte Aorta ausgetrieben. Ein Theil dieses Blutes (der geringere) strömt durch die Lungenarterie in die Lungen, die Hauptmasse durch den rechten Aortenbogen (den Botallischen Gang) in die absteigende Aorta, und vertheilt sich in die Eingeweide und die unteren Extremitäten. Zwei große Zweige dieser absteigenden Aorta, die Nabelarterien, führen das Blut in die Placenta und durch die Nabelvene aus dieser wieder zurück. Das Blut der hinteren Extremitäten strömt durch die untere Hohlvene nach dem Herzen. Dieser untere Hohlvenenstamm nimmt bei seinem Durchgange durch die Leber einen großen Ast der Nabelvene auf, den sogenannten Venengang (Ductus venosus Arantii). Das übrige Blut der Nabelvene vertheilt sich theils durch besondere Zweige, theils mit der Pfortader in die Lebersubstanz, und sämmtliches Blut der Leber kehrt durch Lebervenen in die untere Hohlvene zurück. Diese öffnet sich mehr in die linke Vorhofshälfte, welche zugleich die Lungenvenen aufnimmt. Doch ist die Oeffnung so gelegen, daß sie auch theilweise in den rechten Vorhof schaut.

Bei dem reifen Fötus ist also die Lungencirculation vorbereitet durch Vergrößerung der Lungenarterie, obgleich noch der größte Theil des Blutes aus dem rechten Vorhof in die Aorta durch den Botallischen Gang überströmt. Ebenso ist die Scheidung der Vorhöfe schon bedeutend vorgeschritten. Mit der Geburt nnu wird der Placentarkreislauf plötzlich abgeschnitten. Die

Nabelgefäße werden verschlossen; die Lungenarterien bedeutend erweitert und der Botallische Gang allmählich außer Kurs gesetzt, wie der todte Arm eines Flußbettes. Er schließt sich nach und nach, und dann strömt alles Blut aus der rechten Kammer in die Lungen und durch dieselben zurück in den linken Vorhof. Die Mündung der unteren Hohlvene zieht sich ganz in den rechten Vorhof, in welchen die obere Vene von Anfang an einströmte; das eirunde Loch schließt sich, und damit ist der Uebergang in die Circulationsform des Erwachsenen und somit auch die Scheidung beider Blutarten, des arteriellen und venösen, vollendet. Zuweilen bleibt in Folge von Hemmungsbildungen entweder das Loch der Vorhofsscheidewand, oder der Botallische Gang offen, beide Blutarten mischen sich, und die Folge dieses abnormen Verhältnisses ist unvollständige Oxydation des Blutes und bläuliche Färbung desselben, die durch die Haut schimmert. Diese blausüchtigen Kinder leiden an allgemeinen Fehlern des Ernährungsprocesses, und wenn nicht die abnorme Communicationsöffnung sich schließt, so sind sie meist einem frühen Tode verfallen.

Achtundzwanzigster Brief.

Allgemeine Uebersicht.

Die Entwickelung der einzelnen Organe für sich abgesondert betrachtet, wie wir bisher thaten, liefert kein Gesammtbild der Erscheinungen im werdenden Individuum. Wir werden deshalb nun in kurzen Umrissen darzustellen suchen, wie einerseits die Ausbildung der Form im Allgemeinen, anderseits auch diejenige der Lebensäußerungen voranschreitet, indem sich aus diesen Verhältnissen manche wichtige Folgerungen für die gesammte Physiologie ergeben.

Es läßt sich nicht läugnen, daß bei allen Thieren, welche aus ursprünglichen Embryonalzellen aufgebaut sind, auch in Beziehung auf die Entstehung dieser Zellen ein gemeinsamer Entwickelungsgang nachgewiesen werden kann. Die Furchung des Ei's oder vielmehr des Dotters, die Zerklüftung seiner Masse, die Zertheilung der Dotterballen bis herab zu jener Größe, welche den Embryonalzellen zukömmt, wiederholt sich überall; der Aufbau des Materials findet, so weit wir uns bis jetzt darüber Rechenschaft geben können, überall in derselben Weise Statt. Vielleicht mag es auch der Neuzeit gelungen sein, eine zweite Erscheinung als allen Typen gemeinsam nachzuweisen: die Theilung nämlich des ursprünglichen Keimes in zwei Schichten, eine äußere und eine innere, das Ectoderm und das Entoderm, wie man sich ausgedrückt hat und welche den beiden ursprünglichen Keimblättern entspricht.

Halten wir uns streng an die bis jetzt an das Licht gebrachten Thatsachen, so müssen wir zugestehen, daß von diesem Momente an die Gemeinsamkeit aufhört und das Thierreich in verschiedene, typische Formgestaltungen zerfällt, die in ihrem Entwickelungsgange von einander abweichen und nicht auf einander reducirt werden können. Da jene beiden gemeinsamen Vorgänge, die Zellenbildung und die Schichtbildung, bei jeder Form Statt haben können, so ist damit auch gesagt, daß die Besonderheit mit der Ausprägung bestimmter Formgestaltungen beginnt.

Betrachtet man aber die Weiterentwickelung der Formen selbst, so läßt sich wieder nicht läugnen, daß innerhalb derselben neben großer Mannigfaltigkeit der Einzelheiten, gewisse Organisationspläne sich erkennen lassen, die großen Abtheilungen des Thierreiches gemeinsam sind. Es fragt sich, woher die Gemeinsamkeit? Woher die Verschiedenheit?

Die Darwin'sche Lehre hat auf diese Fragen eine Antwort zu geben versucht. Sie betrachtet, als demselben Stamme angehörend, alle diejenigen Wesen, welche in ihrem Entwickelungsgange gemeinsame Züge erkennen lassen; sie hält dafür, daß diese gemeinsamen Züge von den Voreltern ererbt sind; daß die trennenden Verschiedenheiten nach und nach von den Nachkommen erworben und von diesen wieder auf ihre Nachkommen vererbt wurden. Das Gemeinsame ist um so ursprünglicher, je weiter seine Herrschaft sich ausdehnt; das Trennende, Specielle um so später erworben, auf je engeren Kreis es beschränkt ist. Die Entwickelungsgeschichte des Individuums stellt also, in abgekürzten, häufig sogar verwischten Zügen zugleich die Geschichte dar, deren verschiedene Phasen der Typus durchlaufen hat; sie wiederholt in vorübergehenden Bildungen Organisationsverhältnisse, welche beiden Voreltern bleibend während des Lebens sich aufdrückten. Gilt es also, durch die Vergleichung der Formgestalten die größere oder geringere Blutsverwandtschaft bestimmter Thiere nachzuweisen, so hat die vergleichende Entwickelungsgeschichte das erste und entscheidende Wort.

Nehmen wir ein Beispiel. Die sogenannten Seepocken (Balanen) sind festsitzende Thiere mit Kalkschalen und einem so eigenthümlichen Bau, daß sie noch bis vor wenigen Jahrzehnten für schnecken- oder muschel-ähnliche Thiere, für Mollusken gehalten wurden. Nun entdeckte man, daß aus ihrem Ei ein frei umherschwimmendes Junge entsteht, welches in allen großen Zügen seiner Organisation den Jungen der kleinen einäugigen Krebschen (Cyclopen) gleicht, die zu Millionen alle Wassertümpel bevölkern; daß die Jungen der Balanen, statt ferner Schwimmfüße zu entwickeln und sich frei im Wasser zu bewegen, sich festsetzen und nach und nach zu durchaus fremdartigen Gestalten entwickeln. In Folge dieser Entdeckungen stimmen alle Naturforscher darin überein, daß die Balanen Krebsthiere sind, ursprünglich den Cyclopen verwandt und daß ihre Eigenthümlichkeiten durch Anpassung an die festsitzende Lebensart erworben sind. Die Entwickelungsgeschichte hat also den ursprünglichen Organisationsplan dieser Thiere aufgedeckt und damit dargethan, daß sie mit den Cyclopen von einem gemeinsamen Stamme abzuleiten sind. — Würden nun die fortgesetzten Untersuchungen, wie sie es zum Theile schon gethan haben, nachweisen, daß nicht nur bei allen Krebsthieren, sondern bei allen Gliederthieren jene Grundform, theils in den Larven, theils noch im Ei sich darstellt und mit derjenigen der Cyclopen und Balanen übereinstimmt, so würde damit auch die gemeinsame Abstammung aller Gliederthiere von dieser Grundform nachgewiesen sein, aus der sich dann im Laufe der Zeit durch Anpassung und Weitervererbung der erworbenen Charactere die Verschiedenheiten entwickelt hätten. Je früher aber im Laufe der individuellen Entwickelung diese Verschiedenheiten auftreten, desto früher wäre auch die Abweichung bei den Voreltern erworben worden und in demselben Verhältnisse würden auch die speciellen Ausbildungen des ursprünglichen Typus, der ursprünglichen Stammform, gegenüber den später erworbenen Anpassungen zurücktreten. So giebt es, um bei dem gewählten Beispiele stehen zu bleiben, Gliederthiere, bei welchen die ursprünglichen drei Beinpaare der allgemeinen Stammform

nur ganz früh, im Ei, erscheinen und auch dort nur als Stummel ohne Gelenke auftreten, welche bald wieder verschwinden. Es wäre sinnlos, behaupten zu wollen, daß die Stammform diese Glieder nur als bewegungslose ungegliederte und nutzlose Stummel besessen habe. Wenn sie der Stammform nützen sollten (und nur durch die Nützlichkeit konnten sie erworben werden), so mußten sie auch gegliedert und zur Ortsbewegung dienlich sein. Die genaueste Verfolgung verschiedener Entwickelungsgeschichten innerhalb desselben Typus kann also allein sagen, was ursprüngliche Bildung, was erworbene Anpassung und was zurückgedrängter Rest der ursprünglichen Bildung ist. Gerade durch dieses beständige Ineinandergreifen dreier verschiedener Factoren giebt sich aber der Embryo als werdender, nicht als fertiger und lebensfähiger Organismus zu erkennen. Er besitzt zu einer gewissen Zeit die mehr oder minder ausgebildeten Anlagen derjenigen Organe, mit welchen der Urahn den Kampf um das Leben kämpfte, ohne daß es ihm möglich wäre, Gleiches mit diesen Anlagen zu leisten, da sie sich nicht zu wirklichem Gebrauche ausbilden, und er bietet zugleich überwuchernde Organe dar, die später erworben, sich zu späterem Gebrauche entwickeln.

Suchen wir nun diese Grundsätze auf die Entwickelungsgeschichte des Menschen anzuwenden. Dieser ist vor Allem ein Wirbelthier. Alle Wirbelthiere sind nach einem und demselben gemeinschaftlichen Plane gebaut, der indeß vielfache Abänderungen und specielle Modificationen erfährt. Es giebt also bei der Entwickelung des menschlichen Embryo Züge, welche allen Wirbelthierembryonen gemeinschaftlich sind und nur bei den Embryonen vorkommen, ohne je bei einem erwachsenen Thiere bleibend dargestellt zu sein; — andere, die sich in den unteren Stufen bleibend erhalten können, bei den höheren Wirbelthieren aber verschwinden; — noch andere endlich, welche erst in späteren Perioden oder auch nur nach dem Embryonalleben auftreten und sich während dem Ablaufe des selbstständigen Lebens ausbilden. Es würde zu weit führen, wollten wir hier nachweisen, wie diese verschiedenen Zeiten des Auftretens der einzelnen Charactere im

embryonalen Leben mit Glück benutzt werden können, um diese Charactere selbst ihrer relativen Wichtigkeit nach gruppiren zu können. Unsere Aufgabe wird zunächst sein, die verschiedenen Punkte zu durchgehen, in welchen der Embryo des Menschen und der höheren Säugethiere mit der Organisation der niederen Wirbelthiere näher übereinstimmt.

Bei seinem ersten Auftreten besitzt der Embryo der Wirbelthiere einen platten Körper von Guitarrenform, in dessen Längslinie eine hohle Rinne, die Primitivrinne, sich befindet. So viel Embryonen man auch noch untersucht hat, so hat man doch nie diese Primitivrinne fehlen sehen, und stets bei allen Wirbelthieren sie als das erste differenzirte Organ kennen gelernt. Bei keinem Embryo wirbelloser Thiere hat man etwas Gleiches entdeckt, wenn auch bei den Embryonen der festsitzenden Seescheiden (Ascidien) etwas Aehnliches vorkömmt, und es kann deshalb die Primitivrinne unbedingt als characteristisches Kennzeichen aller Wirbelthierembryonen ohne Ausnahme angesehen werden. Die primitive Gestalt des Gehirns und Rückenmarks, wie sie sich vor der Schließung der Primitivröhre zeigt, ist aber bei keinem erwachsenen Thiere hergestellt und mag auch niemals bei einem solchen vorhanden gewesen sein, da wir uns ein auf der Oberfläche offen gelegtes Nervensystem nicht füglich denken können; es zeigen sich also erst dann Aehnlichkeiten, wenn die Ränder der Primitivrinne sich zugewölbt haben und auch innerhalb des Nervensystems einzelne Gewölbtheile entstanden sind. Man kennt freilich bis jetzt ein einziges Wirbelthier, bei welchem, wie es scheint, keine primitiven Hirnblasen vorhanden sind; wenigstens sieht man an dem erwachsenen Lanzettfischchen (Amphioxus) nur sehr unbedeutende Anschwellungen des cylindrischen Rückenmarkes, das nach vornen hin abgestumpft endigt, ohne ein Gehirn unterscheiden zu lassen und auch bei dem ersten Auftreten des centralen Nervensystems im Embryo des Lanzettfischchens hat keine Bildung von Hirnblasen nachgewiesen werden können. In den einzelnen Hirntheilen selbst gewahrt man bei verschiedenen Thieren die mannigfaltigsten Annäherungen zu dieser oder jener bleibend

ausgedrückten Hirnbildung; — so in der ursprünglichen Kleinheit der Hemisphären des großen Gehirns; in dem allmählichen Hinüberwachsen und Verdecken der Mittelhirnblase; in der ursprünglichen bedeutenden Aushöhlung dieser letzteren, die nach und nach sich mit festerer Masse füllt; in dem ursprünglichen weiten Offenstehen des Hinterhirns und der allmählichen Ueberwucherung desselben durch das kleine Gehirn. Alle diese verschiedenen Entwickelungsphasen des Gehirns lassen sich bei einzelnen Thieren Schritt für Schritt nachweisen, obgleich sie nicht alle Hand in Hand gehen, sondern je nach dem speciellen Typus derselben sich hier ausbilden, dort aber zurückbleiben. So entwickelt sich z. B. das kleine Gehirn bei den Fischen weit bedeutender, als bei den Amphibien, wo es auf einer durchaus embryonalen Stufe zurückbleibt und nur ein schmales bandartiges Brückchen darstellt, während das große Gehirn bei den Amphibien weit ausgebildeter ist, als bei den Fischen. So zeigt sich also auch hier bei dem besonderen Organe, was für die embryonale Entwickelung im Allgemeinen galt, nämlich: daß für die Bildungsstufen der einzelnen Theile wie für den Organisationsplan die Analogieen gefunden werden können, nicht aber für das Organ oder den Embryo in seiner jeweiligen Zusammenstellung.

Die Entwickelung des Skeletts liefert durchaus ähnliche Thatsachen, deren Vergleichung sogar noch weit mehr in's Einzelne getrieben werden kann, als beim Nervensystem. Die Chorda ist eben so gut als die Primitivrinne ein allgemeiner Character aller Wirbelthierembryonen; sie fehlt bei keinem, und bei dem schon erwähnten niedrigsten Fische bildet sie sogar das einzige vorhandene Stück des Skelettes. Bei diesem Thier zeigt sich keine Spur knorpeliger Umhüllungskapseln für das Gehirn und Rückenmark, keine Spur von Ringen um die Chorda, keine Spur von allen jenen Skelettheilen, welche den Kopf bilden. Wenn bei allen übrigen Wirbelthieren und bei allen Embryonen vor dem Ende der Chorda im Schädel noch Bildungen sich zeigen, die nicht wesentlich zu derselben und somit zu dem Wirbelsysteme gehören, so ist dieses bei dem genannten Thiere nicht der Fall,

und seine Chorda endigt unmittelbar an dem vorderen Körperende. Ja, noch mehr! Gerade die Chorda, welche dem Wirbelthierembryo eine so eigenthümliche Physiognomie ertheilt, findet sich bei den Embryonen der Seescheiden ebenfalls und stützt bei den frei schwimmenden Larven derselben das Bewegungsorgan, den Schwanz. Derselbe russische Forscher, Kowalewsky, welcher zuerst das Glück hatte, die Entwickelungsgeschichte des Lanzettfischchens wenigstens in ihren Hauptzügen zu studiren *), hat auch auf die mannigfaltigen Aehnlichkeiten hingewiesen, welche zwischen der Entwickelung dieses niedersten Wirbelthieres einerseits und derjenigen der Seescheiden anderseits sich erkennen lassen, in Bezug auf die Bildung des Nervensystems, der Chorda, des Darmes, der Kiemenspalten u. s. w.; — Beziehungen, welche nachfolgende Forschungen nur bestätigen konnten. Es ist dadurch allerdings ein bedeutender Hinweis auf die Herkunft und Abstammung der Wirbelthiere gegeben; aber auch nicht mehr! Denn es muß auffallen, daß bei den Seescheiden gerade diejenigen Theile, auf welche bei dem Aufbaue des Wirbelthieres, wenn wir so sagen sollen, das meiste Gewicht gelegt ist, wie Centralnervensystem und Chorda, nur eine höchst secundäre Bedeutung haben, so daß z. B. die Chorda mit der Beendigung des Larvenzustandes abgeworfen oder selbst bei einigen Arten gar nicht angelegt wird, während zugleich Nervensystem, Athemorgane u. s. w. einen ganz abweichenden Weg der Entwickelung einschlagen. Will man demnach die Seescheiden einerseits und die Wirbelthiere anderseits von einem gemeinschaftlichen Stamme ableiten, wie dies neuerdings verfochten worden ist, so wird man wenigstens anerkennen müssen, daß beide Typen in fast diametral entgegenge-

---

*) In der früheren Auflage sagte ich: „Die Entwickelungsgeschichte dieses merkwürdigen Thieres würde mehr Aufklärungen für die Wissenschaft bieten, als ein Halbdutzend Reisen auf schnellsegelnden Schiffen! Leider aber ist es der Fluch der Regierungen, daß sie die Bedürfnisse der Wissenschaft nicht kennen und ihre Hülfsmittel da vergeuden, wo sie am wenigsten Früchte bringen!“ Wie sehr hatte ich Recht!

setzter Richtung von ihrer ursprünglichen Wurzel aus sich weiter entwickelt haben.

Kehren wir zu der Chorda der Wirbelthiere und deren weiterer Ausbildung und Umgestaltung im Knochensysteme zurück. Durch die zahlreichen Untersuchungen über das Skelett, welche hauptsächlich seit dem Beginne dieses Jahrhunderts gemacht wurden, können wir bei verschiedenen Thieren alle Entwickelungsphasen desselben, wie wir sie bei dem Embryo sehen, bis auf einen gewissen Grad nachweisen. Wir haben Thiere mit persistirender Chorda und verknöcherten Wirbelfortsätzen, mit ringförmigen Wirbelkörpern, mit embryonaler Schädelbasis, mit knorpelig ungetheilter Gehirnkapsel, mit primitiven Kiemenbogen, mit losen Deckplatten; — kurz wir besitzen unter den Thieren alle möglichen Modificationen des Skelettes in's Unglaubliche variirt. Es würde zu weit führen, diese Thatsachen hier zu wiederholen, zumal da wir bei der Entwickelung des Skelettes schon hie und da auf dieselben hingewiesen haben.

Der primitive Zustand des Darmsystems zeigt sich bei keinem Wirbelthiere ausgebildet, und bei allen ohne Ausnahme ist der Darm eine Röhre, die oben und unten in Mund und After geöffnet ist. Allein gerade im Verhalten des Mundes und der Kiemenbogen lassen sich fast alle embryonalen Verhältnisse wieder finden, sobald man die niedersten Wirbelthiere in's Auge faßt. Bei vielen derselben bleiben die Kiefer durchaus auf dem Punkte der Kiemenbogen stehen, und die verschiedenen Metamorphosen dieser letzteren kann man gleichfalls Schritt für Schritt bei den Thieren nachweisen. Ein Gleiches gilt von dem Gefäßsystem. Alle successiven Constructionen des Herzens, von dem einfachen Schlauche bis zu dem viergetheilten Organe, alle diese verschiedenen Formen des Centralorgans, alle Veränderungen im Kreislaufe innerhalb des Embryo selbst, finden sich bei verschiedenen Thieren verwirklicht, und bilden so eine Art Controle für die bei dem Embryo beobachteten Verhältnisse. Die vergleichende Anatomie ist deshalb, mit Vorsicht angewendet, eines der wichtigsten Hülfsmittel für die Entwickelungsgeschichte in formeller Hinsicht.

Ueberall in dem Körper sind Functionen und Organe
selseitig an einander gebunden und keines ohne das andere
bar. Die Function eines jeden Organes hängt von dem
fischen Bau desselben ab; — sobald diese Structur ab
wird auch die Function eine abweichende. Es ist deshalb
natürlich, daß mit der Entwickelung der Organe in dem E
auch diejenige der Functionen Hand in Hand geht un
allmählich in dem Verhältnisse ausbildet, als die Organe
die ihnen zukommende Textur und Mischung erhalten. S
die Ernährung des Fötus allmählich aus der gemein
Zellenvegetation an das Blut übergeht und je nach den
schiedenen Gewebtheilen sich differenzirt, so erhebt sich die
tion eines jeden Organes aus der ursprünglich allgem
Verschmelzung zu stets höher anwachsender Differenzirung
die speciellen Functionen erscheinen erst, wenn auch die spe
Gewebtheile sich für dieselben herangebildet haben. Fi
sämmtlichen Organe des Körpers hat darüber, mit Aus
eines einzigen, nie ein Zweifel geherrscht. Es ist nie Jem
eingefallen, behaupten zu wollen, daß die Absonderungsfä
getrennt von der Drüse, die Zusammenziehungsfähigkeit ge
von der Muskelfaser existiren könne. Es ist nie Jemande
gefallen, zu behaupten, daß die Muskeln, die Drüsen, sämm
andere Organe erst angelegt und ausgebaut würden, un
dann zu einer bestimmten Zeit die Function in dieselben h
fahre und dort sich festsetze, um ferner mit diesen Organe
ihren Instrumenten zu wirthschaften. Die Absurdität
solchen Idee ist so auffallend, daß man nicht einmal den
hatte, bei den genannten Organen an dieselbe zu denken.

Was man aber bei den erwähnten Organen als unb
absurd zurückweisen mußte, das fand man in Folge philosoph
und theologischer Speculationen bei dem Gehirne ganz begr
Man fand und findet theilweise es noch vollkommen nat
das Gehirn als ein Instrument zu betrachten, dessen si
Seele bediene, um damit die ihr zukommenden Aeußerung
bewerkstelligen. Je nachdem dieses Werkzeug mehr oder n

vollkommen war, konnte auch die Seele gleichsam auf demselben mehr oder minder vollkommene Stücke spielen. Damit war die Verschiedenheit erklärt, die in den Seelenthätigkeiten des Einzelnen herrscht. Mit dem Festhalten dieser Ansicht hatte man das gewonnen, daß man eben den Inbegriff jener Gehirnfunctionen, den man Seele nannte, als etwas Immaterielles, individuell für sich Bestehendes von dem Instrumente loslöste und damit auch dessen Fortbestehen nach der Vernichtung des Instrumentes behaupten konnte. Während man also bei allen übrigen Organen die Function in der Art betrachtete, daß man sie als eine Eigenschaft der das Organ in bestimmter Form zusammensetzenden Materie begriff, machte man für das Gehirn eine Ausnahme, und betrachtete die Seele als eine getrennte Individualität, der man Unsterblichkeit und eine Menge anderer, überhaupt unmöglicher Eigenschaften beilegte.

In Folge dieser wunderlichen Vorstellungsweise führte man die sonderbarsten Streitigkeiten über den Zeitpunkt, in welchem die Seele in den Körper des Embryo gefahren sei. Die Einen glaubten, diesen Moment dann setzen zu müssen, wenn die ersten Bewegungen des Fötus sich zeigten. Die Seele sollte ihre hohe Ankunft durch Zuckungen der Arme und Beine dem mütterlichen Organismus anzeigen und ihn dadurch zur ferneren Gewährung des Gastrechtes auffordern. Viele behaupteten, man könne sich nicht recht vorstellen, wie die Seele durch die geschlossenen Hüllen, durch das den Embryo umgebende Wasser hindurch gelangen könne, und setzten daher den Zeitpunkt des Eintrittes der Seele in den ersten Athemzug, durch welchen gleichsam das in der Luft schwebende immaterielle Wesen in den Körper des Embryo eindringen sollte. Noch andere endlich ließen die Seele durch den Samen in das Ei gelangen und dort bis zur Geburt in latentem Zustande bleiben.

Aus diesen verschiedenen Ansichten entsprangen denn auch eigenthümliche Anwendungen, besonders in Hinsicht auf die criminelle Gesetzgebung. Wenn die Seele es war, die das eigentlich Menschliche oder Göttliche im Menschen darstellte, der Leib hin-

die Muskelthätigkeit ein Product der Muskelentwickelung, die Absonderung ein Product der Drüsenentwickelung ist. Sobald die Substanzen, welche das Gehirn bilden, wieder in derselben Form zusammengewürfelt werden, werden auch dieselben Functionen wieder auftreten, welche ihnen in diesen Formen und Zusammensetzungen zukommen, und es wird damit auch das wieder gegeben sein, was man eine Seele nennt.

Die Physiologie bricht demnach den Stab über diese Träumereien, die in das wirkliche Leben nur zu sehr eingriffen. Die Physiologie kennt nur Functionen der materiellen Organe, und sieht diese schwinden, sobald das Organ vernichtet wird. Wir haben in den Briefen über die Functionen des Nervensystems gesehen, daß wir die Geistesthätigkeiten zerstören können, indem wir das Gehirn verletzen. Wir können uns eben so leicht aus der Beobachtung der embryonalen Entwickelung und aus derjenigen des Kindes überzeugen, daß die Seelenthätigkeiten sich in dem Maße entwickeln, als das Gehirn seine allmähliche Ausbildung erlangt. Man kennt keine Aeußerungen von Seelenthätigkeit bei dem Fötus, wohl aber von denjenigen Functionen, welche hauptsächlich dem Hirnstamme angehören, wie Reflexionsbewegungen und ähnliche Aeußerungen des Nerveneinflusses. Erst nach der Geburt entwickeln sich die Seelenthätigkeiten; — aber auch nach der Geburt erst bekommt das Gehirn allmählich diejenige materielle Ausbildung, welche es überhaupt erlangen kann. Mit dem Umlaufe des Lebens erleiden auch die Seelenthätigkeiten bestimmte entsprechende Veränderungen, und hören ganz auf mit dem Tode des Organes.

Die Physiologie erklärt sich demnach bestimmt und kategorisch gegen eine individuelle Unsterblichkeit, wie überhaupt gegen alle Vorstellungen, welche sich an diejenige der speciellen Existenz einer Seele anschließen. Sie ist nicht nur vollkommen berechtigt, bei diesen Fragen ein Wort mitzusprechen, sondern es ist ihr sogar der Vorwurf zu machen, daß sie nicht früher ihre Stimme erhob, um den einzig richtigen Weg anzuzeigen, auf welchem dieselben überhaupt gelöst werden können. Man hat behauptet,

sichere Wahrheit. Allein die aus der Form und Zusammenstellung der einzelnen Organe hervorgehenden Functionen sind vergänglich wie diese und entstehen erst wieder, wenn dieselbe Form und Zusammenstellung des Stoffes sich aufs Neue zusammenfindet.

Die verschiedenen Erscheinungen, welche die embryonale Entwickelung darbietet, auf eine leitende Grundidee zurückzuführen, welche dieselben bewußt oder unbewußt dem Endziele entgegenführt, ist deshalb eben so unthunlich, als eine isolirte Seele anzunehmen, welche die Lebensäußerungen des Körpers leitet. Das Ei, so wie es einmal gegeben ist, kann sich nur so entwickeln, wie es eben in der Structur und Mischung seiner bildenden Bestandtheile begründet ist. Sobald man diese materielle Zusammensetzung des Ei's ändert, ändert man auch nothwendiger Weise seine endliche Ausbildung. Man hat künstliche Mißgeburten erzeugt, indem man dem Ei oder dem werdenden Embryo verschiedene Verletzungen beibrachte, ohne daß die leitende Grundidee dieser gezwungenen Abweichung ihres Planes hätte widerstehen können. Man veränderte also mit der materiellen Zusammensetzung auch die Idee selbst und hatte diese gewissermaßen in seiner Gewalt. Die Embryologen haben bis jetzt zu wenig sich mit diesen Fragen beschäftigt, deren Wichtigkeit nicht bedeutend genug schien gegenüber den Untersuchungen, welche die materiellen Umwandlungen des Embryo's erheischten. Sie trugen unbemerkt verschiedene medicinische Ideen in die Entwickelungsgeschichte über, und sprachen von einer Grundidee, nach welcher sich der Embryo entwickele, so wie der Arzt von einer Heilkraft der Natur oder der Lebenskraft sprach, welche sich planmäßig dem Eindringen der Krankheit widersetzen sollte. Allein so wie man heutzutage nachgerade eine Lebenskraft lächerlich findet, die sich gegen eine Erkältung mit Schweiß, Schleim, Bodensatz im Urin und Durchlauf wehrt, so wird man auch in kurzer Zeit eine Grundidee der embryonalen Entwickelung lächerlich finden, die sich gegen äußere Eingriffe durch Ausbildung von Mißgeburten aller Art zu vertheidigen sucht.

die Wirbelplatten. Herz und Leber sind verhältnißmäßig sehr groß, die Wolffischen Körper beginnen schon sich zurückzubilden; Lungen, Nieren und Zeugungsorgane sind eben angelegt.



Fig. 111.

Ein menschliches Ei etwa aus der fünften Woche der Schwangerschaft. Das Amnios ist abgeschnitten; das Chorion dagegen mit seinen Zotten und das Nabelbläschen nebst dem Embryo wohl erhalten.

a. Chorion. b. Amnios, den Nabelstrang c. umhüllend. d. Nabelbläschen mit langem Stiele.



Fig. 112.

Der Embryo dieses Ei's stärker vergrößert. a. Vorderhirn. b. Mittelhirn. c. Hinterhirn. d. Wirbelsäule. e. Schwanz, anfangs stark entwickelt, später schwindend. f. Auge. g. Oberkiefer. h. Erster Kiemenbogen. i. Zweiter Kiemenbogen. k. Arm. l. Bein. n. Herz, in den Brustdecken eingeschlossen. o. Bauch, hauptsächlich von der Leber ausgefüllt. p. Nabelstrang. q. Kopfbeuge. r. Nackenbeuge.

In dem zweiten Zeitraume, der bis zu dem Ende des dritten Mondsmonates oder der zwölften Woche geht, entwickelt sich hauptsächlich die Verbindung des Embryo mit dem Fruchthalter durch die Placenta. Der Embryo selbst vergrößert sich bedeutend, während seine inneren Organe eine zunehmende Entwickelung zeigen. Die Beugungsstellen des Schädels haben sich allmählich

so daß sich die Schwangere in den späteren Zeiten wohler befindet, als im Anfange.

Der dritte Zeitraum der Embryonalbildung kann etwa bis zu dem sechsten Monate gesetzt werden; — indem um diese Zeit herum der Embryo schon fähig wird, außerhalb des mütterlichen Organismus sein Leben fortzusetzen. Es versteht sich von selbst, daß dann die sämmtlichen Organe so weit entwickelt sind, daß der Lungenkreislauf eingeleitet, die Ernährung durch den Darm bewerkstelligt werden kann und die Drüsen befähigt sind, ihren Functionen vorzustehen. Die äußere Haut, die früher schleimig und weich war, wird fester und bedeckt sich fast überall mit eigenthümlichen Wollhaaren, welche später wieder schwinden. Die Nägel beginnen hornig zu werden, obgleich ihre Consistenz kaum bedeutender ist, als die der übrigen Haut; diese letztere liegt überall dem Körper nur schlapp an, so daß sie Falten und Runzeln bildet, welche besonders dem Gesichte ein greisenartiges altes Aussehen geben, was später durch Ansammlung von Fett unter der Haut wieder schwindet. Bei kranken, schlecht genährten Embryonen aber bleibt dieses ältliche Aussehen und kann stets als ein sicheres Zeichen von Unreife oder krankhafter Constitution des Kindes angesehen werden.

Während dieser Zeit, in welcher der Embryo etwa fünfzehn Zoll lang und gegen zwei Pfund schwer wurde, entwickeln sich bei der Mutter besonders die eigenthümlichen äußeren Zeichen der Schwangerschaft durch allmähliches Hervordrängen der ausgedehnten Gebärmutter über den Raum des kleinen Beckens, so wie durch specifische Veränderungen des Muttermundes. Der Leib wölbt sich in dieser Zeit mehr und mehr hervor, und die Eingeweide werden durch die Ausdehnung der Gebärmutter nach oben und hinten zusammengeschoben.

In dem letzten Zeitraume der Schwangerschaft ist es hauptsächlich die Vermehrung der Masse des Embryo, ohne bedeutende Aenderungen in der Structur der Organe, so wie die allmähliche Vorbereitung der Trennung, auf welche die Richtung der bildenden Thätigkeit hingelenkt wird. Ein vollkommen reifes Kind

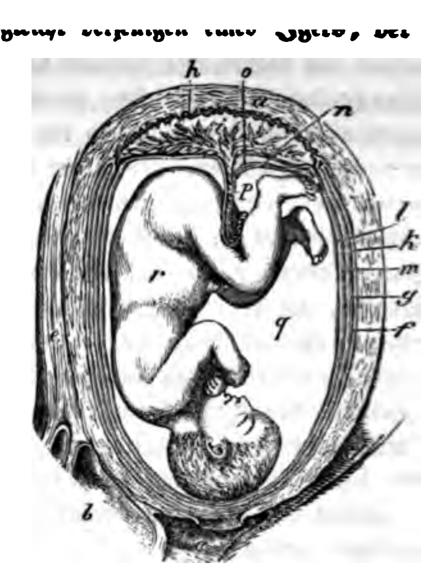
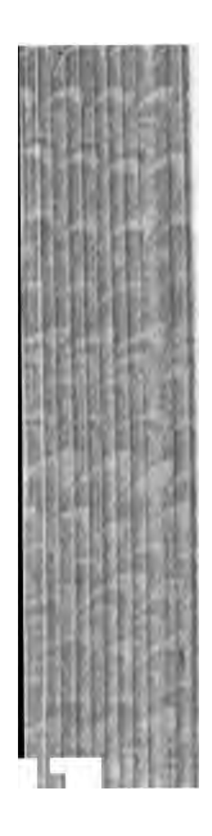


Fig. 118. Der ausgebildete Fötus in natürlicher L
a. Muskelwand des Uterus. b. Harnblase. c. Scheide. d.
raum. e. Bauchwand. f. g. k. l. m. Die an die Gebärm
drückten Eihäute. h. Die Placenta. i. Gefäße der Plac
Schafhaut. p. Der Nabelstrang. q. Raum des Schafwasse

rollt. Die Nägel eines solchen Kindes sind fest un

zusammentreffen, mithin auf der Höhe der Stirn etwas hinter dem Beginne der Kopfhaare; — die kleine Fontanelle, die dreieckig ist, liegt ebenfalls in der Mittellinie an dem Punkte, wo die beiden Scheitelbeine und die Schuppe des Hinterhauptbeines mit einander zusammenstoßen.

Durch die Geburt wird der Embryo von dem mütterlichen Organismus ausgestoßen und zu selbstständigem Leben angewiesen. Es ist unsere Absicht nicht, auf den Mechanismus dieses Actes hier näher einzugehen. Man bemerkt meistens Vorbereitungen zu der Geburt durch anhaltende Spannung und schießende Schmerzen in der Gebärmutter, so wie durch allmähliche Erweiterung ihrer Oeffnung. Nachdem dieses einige Zeit lang gedauert hat, beginnen wirkliche Zusammenziehungen dee Gebärmutter, die anfangs in längeren, dann in kürzeren Zeiträumen periodisch wiederkehren. Durch diese wiederkehrenden Wehen wird das Ei gegen die Mündung der Gebärmutter gedrängt und die in den Häuten angesammelte Flüssigkeit nach vorn gegen die Oeffnung hin getrieben. So bilden denn die Eihäute eine prall gespannte Blase in der Oeffnung der Gebärmutter, die endlich platzt und das Fruchtwasser entströmen läßt. Unter fortdauernder Zunahme der Wehen wird dann allmählich der Embryo, mit dem Kopfe voran, das Gesicht nach hinten gerichtet, durch den Beckenausgang und die äußeren Geschlechtstheile gleichsam hindurchgedreht. Bei diesem Act bildet natürlich der dicke Kopf das wesentlichste Hinderniß. Da indeß die Knochen desselben noch nicht vollständig mit einander verbunden sind, so schieben sich dieselben über einander und vermindern dadurch den Durchmesser des Kopfes. Der Körper des Kindes folgt leicht nach, sobald der Kopf einmal durchgegangen ist, und nach seiner vollständigen Ausstoßung erfolgt eine mehr oder minder lange Ruhe, nach welcher dann erneuerte Zusammenziehungen die losgelöste Placenta ebenfalls austreiben. Sobald dies geschehen ist, zieht sich die Gebärmutter nach und nach während des Wochenbettes auf ihren früheren Umfang zurück.



finden, und somit ist denn auch das Bedürfniß i
Ernährung da, welche im Anfange freilich noch
thümliche Secretion der Mutter, durch die Milch

Neunundzwanzigster Brief.

Aelterlicher Einfluß. Mißbildungen.

Die materielle Bedingung der Zeugung, welche durch den Eintritt eines Samenthierchens in das Ei gegeben zu sein scheint, dürfte eine ihrer wesentlichsten Grundlagen in der längst gemachten und stets wiederholten Beobachtung finden, daß bei der erzeugten Nachkommenschaft nicht nur Eigenthümlichkeiten der Mutter, sondern auch solche des Vaters sich forterben. So lange man bei der Ansicht stehen bleiben mußte, daß der männliche Same nur eine Contactwirkung, eine Art Gährung in dem Ei erzeuge, in Folge deren die eigenthümliche Gruppirung der Elemente zum Embryo einträte, so lange war auch in der Vererbung der väterlichen Eigenthümlichkeiten ein Räthsel hingestellt, das in keiner Weise zu lösen war. Jetzt aber, wo die Beobachtung, wie es scheint, nachgewiesen hat, daß der Embryo das Product zweier materiell sich verschmelzender Factoren: des väterlichen Samenthierchens und des mütterlichen Ei's, ist, jetzt kann es nicht mehr wunderbar erscheinen, daß in der That materielle Eigenthümlichkeiten von beiden Zeugenden auf das Erzeugte übergehen.

Schon die Familienähnlichkeit liefert hierfür einen Beweis, und wenn auch dieselbe vielfach betrogenen Ehemännern gegenüber mißbraucht worden ist, so läßt sie sich doch durchaus nicht wegläugnen, und beurkundet sich oft auffallend durch die Aehnlichkeiten, welche Kinder einer und derselben Familie trotz der

Verschiedenheit ihrer Gesichtszüge namentlich den Fremden
kennen lassen. Diese allgemeine Aehnlichkeit fällt besonders d
auf, wenn man mit fremden Völkerstämmen zusammenkom
deren einzelne Glieder uns alle über denselben Leist geschla
erscheinen. Man erinnert sich in Deutschland noch sehr w
des Eindruckes, den die russischen Horden bei ihrem Erschei
im sogenannten Befreiungskriege machten. Man konnte die K
mücken, die Baschkiren durchaus nicht von einander unterscheid
da eben nur die allgemeine Uebereinstimmung ihrer Züge fi
pirte und die individuelle Abweichung dem überraschten A
entging. Ich bin selbst hundertmal mit meinem Bruder
wechselt worden und habe bei dem besten Willen auch kei
einzigen Zug finden können, worin ich ihm etwa ähnlich se
eben so oft haben mich Leute auf den ersten Blick erkannt, we
nur meinen Vater oder meine Mutter gesehen hatten.

Diese Familienähnlichkeit spricht sich nicht nur in dem
sichte, sondern auch in allen anderen Theilen des Körpers, nam
lich aber an Händen und Füßen, oft noch überraschender a
weil diese Theile weniger durch Fettansatz oder durch psychi
Einflüsse verändert werden. Seit früher Jugend bin ich
diesen Punkt aufmerksam geworden durch eine Debatte, we
in meiner Gegenwart darüber geführt wurde, ob ich mehr
Vater oder der Mutter ähnlich sei, oder, wie man sich a
drückte, ob ich ein Vogt oder ein Follenius sei. Die Grü
waren auf beiden Seiten gleich stark. Endlich aber entsch
eine meiner Tanten kategorisch mit dem Ausrufe: „Seht
seine Hand an, das ist die Vogtische Hand," und in ih
Familienstolze fügte sie hinzu: „So eine Hand mit solchen En
schwanzfingern kann gar kein anderer Mensch haben!"

Wenn diese Beobachtungen richtig sind, was wohl kei
Zweifel unterliegen kann, so ist auch der Schluß gerechtferti
daß die inneren Theile in ähnlicher Weise den Stempel
Familienähnlichkeit tragen; daß gewisse kleine Formeigenth
lichkeiten in allen Organen sich finden, die uns nur deshalb
gehen, weil wir die verbindenden Glieder, welche dieselbe Eig

thümlichkeit zeigen, nicht so täglich vor Augen haben, wie dies bei äußeren Theilen der Fall ist. Es geht uns in allen Dingen, wie bei den oben citirten Baschkiren. Wir suchen zuerst die Aehnlichkeiten, und nur bei längerem und wiederholtem Nachforschen treten die Verschiedenheiten unserer Kritik entgegen. So darf es denn auch nicht verwundern, wenn es den Anatomen noch nicht gelungen ist, Familienähnlichkeiten in der Gestalt von Lunge, Leber, Herz u. s. w. nachzuweisen, deren Vorhandensein doch eben so wahrscheinlich ist, als bei Gesicht und Händen, und auch durch die Erblichkeit der Krankheitsanlagen wahrscheinlich gemacht wird. Bei einem Organe indessen gelingt uns diese Nachweisung leicht durch die nach Außen tretende Function: ich meine das Gehirn. Wenn man auch sagt, daß geistreiche Männer gewöhnlich dumme Söhne zeugen, so findet man doch bei genauerer Nachforschung stets die Grundlagen der väterlichen und mütterlichen geistigen Eigenschaften in dem Kinde wieder, obgleich sie hier oft in eigenthümlicher Weise combinirt und nach gewissen Richtungen einseitig entwickelt erscheinen. Ganz wahr ist es darum, wenn Göthe sagt:

> Vom Vater hab' ich die Natur,
> Des Lebens ernstes Führen,
> Vom Mütterchen die Frohnatur
> Und Lust zu Fabuliren.

Für Denjenigen, welchem die Seele ein immaterielles, in den Körper hineingepflanztes Wesen ist, liegt freilich in dieser geistigen Familienerbschaft ein unlösbares Räthsel, wenn er nicht annehmen will, daß die Seelen der Eltern im Zeugungsacte sich theilen, was denn auch eine mißliche Sache für die Individualität der Seele ist. Für Denjenigen aber, der auf dem Boden der Beobachtung und der Thatsache fußend die Seelenthätigkeiten nur als Function des materiellen Substrates der Gehirnsubstanz betrachtet und der überzeugt ist, daß der Satz überall gilt: Form und Materie bestimmen die Function; für den wird es nicht überraschend sein, daß formelle Eigenthümlichkeiten in der

Ausbildung des Gehirnes, von den Eltern ererbt, auch
fische Eigenthümlichkeiten in den Seelenthätigkeiten zur
haben müssen.

Zur Entscheidung der Frage: welches zeugende Indivi
mehr Einfluß auf die Nachkommenschaft habe, ob der Vater
die Mutter, dienen besonders die Fälle von Mischlingen zw
verschiedenen Menschen- und Thierarten. Im Allgemeinen
man sagen, daß bei solchen Mischungen die Eigenthümlich
des Bastards zwischen Vater und Mutter getheilt sind,
z. B. die Mischlinge von Negern und Weißen so ziemlich
Mittel zwischen beiden Eltern halten. Bei der Thierzü
geht man freilich, im Occident wenigstens, von der Ansicht
daß der Vater das prädominirende Element sei, und ma
wendet deshalb weit größere Sorgfalt auf die Zucht der
Hengste und Böcke, als auf diejenige der entsprechenden Wei
Im Oriente dagegen geht man von der entgegengesetzten
aus, und die Araber setzen nicht nur einen weit größeren
auf die Stuten, sondern führen auch die Genealogieen ihrer
Rosse nicht nach den Vätern, sondern nach den Müttern.

Die statistischen Untersuchungen haben nachgewiesen,
Beziehung auf das Geschlecht der Nachkommenschaft das
der beiden Zeugenden einen wesentlichen Einfluß übe, und
wohl möglich, daß auch in Beziehung auf andere Eigenthü
keiten dieser Einfluß sich geltend mache. Es scheint jetzt so
lich fest zu stehen, daß um so mehr Knaben in einer Ehe g
werden, je älter der Mann im Verhältniß zur Frau ist,
man einen Unterschied von sechs bis zehn Jahren etwa al
jenige Verhältniß ansehen muß, in welchem beide Eltern ei
das Gleichgewicht halten. Bei gleichem Alter oder bei üb
gendem Alter der Frau steht die Wahrscheinlichkeit zu Gunst
Mehrzahl weiblicher Nachkommenschaft. Das Uebergewich
neugeborenen Knaben im Verhältniß zu den Mädchen, welch
von 102 bis 107 zu 100 je nach den verschiedenen Länder
stuft, rührt demnach davon her, daß im Durchschnitte die M
10 bis 15 Jahre älter sind, als ihre Frauen. Die Statisti

somit der gewöhnlichen Volksansicht schnurstracks entgegen, indem sie uns belehrt, daß bei Ehen von Greisen mit jungen Mädchen die größte Wahrscheinlichkeit für die Erzeugung von Knaben vorhanden sei.

Ob auch andere Verhältnisse, wie z. B. Ernährung der Eltern und besonders der Mutter, auf die Bestimmung des Geschlechtes der Frucht einen Einfluß haben können, ist eine andere Frage, die wir zwar nicht von der Hand weisen können, zu deren Lösung aber bis jetzt nur leere Träumereien oder Theorieen vorgebracht werden konnten, welche durch die Beobachtung widerlegt wurden. Schon im Alterthume glaubte man, daß der rechte Eierstock und Hode die Knaben, der linke die Mädchen erzeuge, und schon im Alterthume wurde diese ziemlich festgewurzelte Ansicht auf das Gründlichste widerlegt. Wenn man aber so einerseits zugiebt, daß die Beobachtung in dieser Weise uns noch keine Fingerzeige gegeben hat, so ist es doch anderseits der Ausspruch, daß es aller providentiellen Weltregierung widersprechen würde, wenn die Bestimmung des Geschlechtes der Kinder den Eltern in die Hand gegeben werde, geradezu einfältig zu nennen; denselben Einwurf machte man zur Zeit der Blatternimpfung und den Blitzableitern, die ebenfalls die providentielle Weltordnung in Beziehung auf Sterblichkeit und Feuersbrünste erheblich änderten. Der Einwurf bei dieser Frage ist aber um so thörichter, als der Mensch schon, freilich ohne directen Willen, die providentielle Weltordnung auch hier geändert hat. Die Staatseinrichtungen haben jetzt schon, indem sie in vielen Staaten die Bedingungen zur Heirath für die Männer so stellten, daß denselben erst im späteren Alter genügt werden kann, die ursprüngliche providentielle Weltordnung so tief modificirt, daß bei weitem mehr Knaben geboren werden, als dies bei völliger Freiheit in diesem Punkte geschehen würde, und es ist im Gegentheile eben so denkbar, daß erst dann, wenn einmal die Bedingungen zur Zeugung eines bestimmten Geschlechtes bekannt sind, und dadurch es in das Belieben der Leute gestellt wird, sich das Geschlecht ihrer

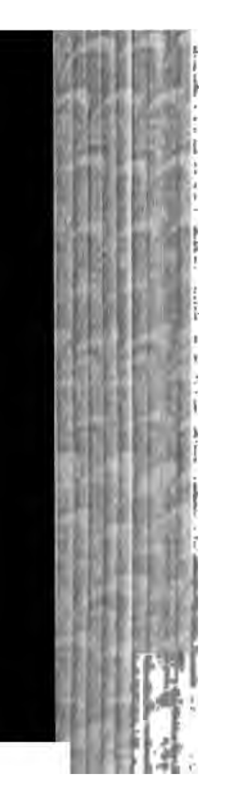
Kinder im Voraus auszuwählen, durch diese freie Wal
ursprüngliche Norm möglicher Weise wieder hergestellt wir

Die Mißgeburten, welche nicht nur beim Menschen, so
auch bei Thieren, und selbst bei wilden Thieren, ziemlich
vorkommen, wurden in frühester Zeit als Zeichen des Z
der Gottheit angesehen, welche dadurch bevorstehendes Un
Strafgerichte und andere Ausbrüche der Art anzeigen
Es war diese Ansicht eine nothwendige Folgerung aus dem
ben, welcher die Entstehung eines jeden organischen W
einem bewußten Schöpfer unterlegte, statt dasselbe unmit
aus natürlichen Gesetzen hervorgehen zu lassen. In der
ist nicht abzusehen, warum man sich von dieser Ansich
üblen Bedeutungskraft der Mißbildungen frei machen will,
man doch ihren Vordersatz fernerhin anerkennt. Wenn
organische Wesen aus der Hand eines bewußten Schöpfers
vorgeht, so müssen auch die Mißbildungen einen bestim
bewußten Zweck haben, den man je nach Gefallen ihnen
schieben kann.

Die abschreckenden Gestalten, welche viele Mißgeburten
bieten, gaben Gelegenheit zu den mannigfaltigsten Deutu
besonders aber zu höchst seltsamen Vergleichen mit alle
Dingen, vor denen man Ekel hatte. So wie man in den bi
Formen der Tropfsteingebilde Aehnlichkeiten erblickt, die
nur demjenigen klar werden, dem man sie vorher ankü
während der Uneingeweihte sie vergeblich sucht, so sah
auch in den Mißgeburten alle möglichen Combinationen ekel
Thiere mit menschlichen Formen. Von den Muttermale
bis zu den ausgebildetsten Mißgeburten schlang sich in
Weise für das Volk eine Kette phantastischer Gestalten, di
neuen unerwarteten Zuwachs fand. Jedermann weiß, d
den anatomischen Museen die Mißgeburten den für das P
kum interessanten Theil der Sammlung ausmachen, und
man die Gespräche hört, welche über deren Gestalten g
werden, so kann man nicht umhin, zu finden, daß tro

gepriesenen Aufklärung noch manche Vorurtheile unter dem Volke herrschen.

Das Volk sucht meistens die Ursache der Mißbildungen nicht in dem Keime oder in dem Fötus, sondern vielmehr in der Mutter, und es ist eine ziemlich allgemeine Ansicht, daß die Schwangeren sich versehen könnten, und daß dann der Fötus in Folge dieses Versehens eine Mißbildung an sich trage, welche gewissermaßen die Form und das Aussehen desjenigen Objectes wiederhole, an welchem sich die Schwangere versehen habe. Eine Schwangere erschrickt über einen Truthahn, der auf sie zukommt; — das Kind, welches sie gebiert, hat an dem Arme eine erectile Blutgeschwulst, die blauroth aussieht. Es ist klar, daß die Schwangere sich an dem Truthahn versehen hat, und daß der fleischige Anhang, den dieser Vogel an dem Schnabel trägt und der ihm beim Zorne schwillt, von der Natur auf dem Arme des Kindes nachgebildet wurde. Man hat hundert und aber hundert Geschichten dieser Art, welche alle in ähnlicher Weise verknüpft sind, und man kann wohl sagen, daß manche arme Schwangere die ganze Zeit, in welcher sie sich ihres Zustandes bewußt ist, in Kummer und Sorgen zubringt, damit sie sich nicht versehen und eine Mißgeburt zur Welt bringen möchte. Die Theorie des Versehens mag wohl so alt sein, als das Menschengeschlecht selber, und da man in unserer Zeit der historischen Rechte einen Irrthum um so ehrwürdiger findet, je älter er ist, so verdient auch dieser einige Beachtung. Gründete ja doch Erzvater Jakob zuerst die Theorie des erlaubten Betruges auf den Grundsatz des Versehens, indem er den Schafen seines Schwiegervaters beim Tränken gesprenkelte Stäbchen vorlegte und so die Erzeugung gefleckter Lämmer bewerkstelligte. Bei den Hebräern herrschte also der Glaube an das Versehen in hohem Grade. In nicht minderem Ansehen stand dieser Glaube bei den alten Griechen, wo Hippokrates durch die Berufung auf denselben, wie erzählt wird, eine Prinzessin von der Anklage des Ehebruches rettete, die ihrem weißen Gemahle ein schwärzliches Negerkind geboren hatte. Hippokrates behauptete nämlich,



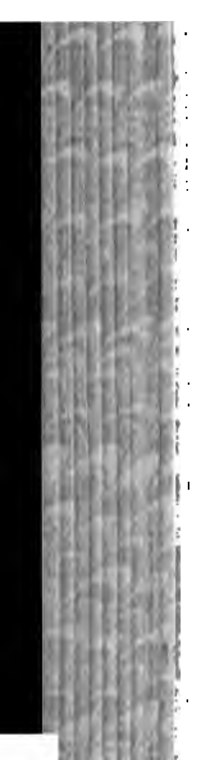
zur Erzeugung gesprenkelter Lämmer lieber
färbte Böcke und Schafe, als gescheckte Stä
scheinlich auch bei diesem Verfahren sicherer
als der Erzvater der Juden bei dem seinigen.

Es ist keine Frage, daß die Verbindun
und Frucht bei den Säugethieren der Art
Einflüsse von dem mütterlichen Organismus
Kindes übertragen werden können. Es existir
Verbindung zwischen Mutter und Frucht, al
sehen, daß die Blutmassen beider in steter
einander stehen und eine lebhafte Endosmose
vermittelt wird. Wir wissen aber, wie schne
Affecte bei reizbaren Personen auf die gan
somit auf die Zusammensetzung der Blutmasse
Daß diese Veränderungen sich auf die Blu
übertragen und Störungen in der Ernährun
bringen, oder, mit anderen Worten, den Fi
können, ist leicht einzusehen. Wir wissen bes
heiten der Mutter sich auf das Kind übertrage
Mütter z. B. durch und durch angesteckte Kin
daß verschiedene Säftemischungen, Kachexien si
auf das Kind forterben; — allein diese Uebert

wo er aber bedeutend wächst und die rasche Ausdehnung des Uterus in dem gewöhnlichen Verhalten der übrigen Organe Störungen hervorbringt. Sobald diese einmal sich an die stärkere Ausdehnung der Gebärmutter gewöhnt haben, werden auch die Fehlgeburten seltener; — ein sicherer Beweis, daß diese Zufälle hauptsächlich durch den Zustand der mütterlichen Organe bedingt sind.

Die Organe des Embryo sind, wie wir schon früher gesehen haben, zu Ende des zweiten Monats der Schwangerschaft größtentheils angelegt, und von diesem Zeitpunkte an nur in ihrer Entwickelung begriffen. Die engere Verbindung zwischen der Gebärmutter und dem Embryo entwickelt sich aber erst, wenn die Hauptanlagen der Organe schon gegeben sind. Die Wechselwirkung der beiderseitigen Blutmassen in der Placenta findet erst nach dieser Zeit statt, und es ist somit höchst unwahrscheinlich, daß früher psychische Einflüsse auf das Leben des Embryo und die Entwickelung seiner Organe Einfluß haben könnten. Die meisten Geschichten, welche das Versehen der Schwangeren darthun sollen, beziehen sich aber auf die späteren Monate der Schwangerschaft, wo die Organe schon denjenigen Zustand der Entwickelung überschritten haben, den sie bei der Mißbildung zeigen. Wenn eine Schwangere z. B. deshalb ein Kind mit einem Wolfsrachen geboren haben soll, weil sie sich im fünften oder sechsten Monate an irgend einem Gegenstande versah und über denselben erschrack, so kann man geradezu behaupten, daß dies unmöglich sei, indem in diesem Zeitpunkte der knöcherne Gaumen und die ursprüngliche Lippenspalte schon längst hätten geschlossen sein sollen, die Mißbildung demnach schon früher existirte, als ihr eingebildeter Grund, der Schreck und das Versehen, statthatte.

Wir kennen eine große Menge von Thatsachen, die darauf hinzeigen, daß schon in der ursprünglichen Anlage des Kindes zuweilen Verhältnisse obwalten, welche Mißbildungen bedingen. Fast alle ganz jungen, durch Fehlgeburten abgegangenen Eier, die man bis jetzt untersucht hat, waren offenbar krank, indem



Entwickelungsschwankungen darthun. So giebt
nur Kinder mit überzähligen Fingern, mit
mangelhafter Entwickelung des Gehirnes
andere, bei welchen unter mehreren Kindern
wickelt, die anderen mißbildet sind. Das co
derselben Bildungsfehler bei den Producten
mütterlichen Organismus berechtigt uns zu
die Keime, welche dieser mütterliche Organis
Anfang an den Grund solcher Mißbildungen

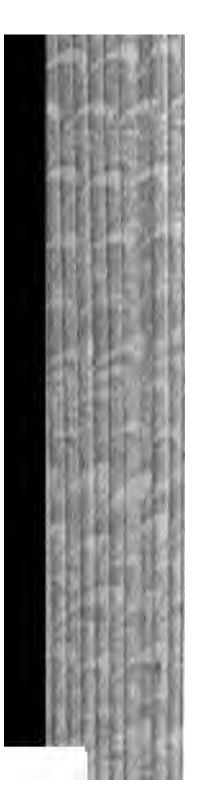
Nicht minder sind Fälle bekannt, wo der E
ebenfalls ein abnormer genannt werden kann.
Rindviehheerde, die einen einzigen Zuchtstier
rend eines Jahres zehn Mißgeburten vor.
Stier und die Züchtung wurde nun vollkom
unterliegt also keinem Zweifel, daß das Ei
seiner ursprünglichen Bildung her gewisse abnor
richtungen mitbringen kann, daß aber diesel
Einwirkung des männlichen Samens eingefüh
Jedoch beschränkt sich dieses lediglich nur auf
thümlichkeiten, welche in dem Gesammtorganism
aber auf zufällige Verstümmelungen. Man
Fälle solcher Forterbungen erzählt, wie z. B.

in der übrigen civilisirten und nicht cilivisirten Welt, noch nirgends sich bei den Nachkommen fortgeerbt haben.

Wir haben unwiderlegbare Beweise dafür, daß der Fötus während seiner Entwickelung selbstständig krank werden kann, und daß Mißbildungen als Resultate dieser Krankheiten zurückbleiben können. Es werden durch diese Krankheiten hauptsächlich wassersüchtige Anschwellungen erzeugt, die in den verschiedenen Höhlen der embryonalen Organe sich ausbilden und auf diese Weise mannigfaltige Formen der Mißgeburten erzeugen. Auch manche andere Mißbildungen, wie namentlich Gefäßgeschwülste, bruhen sicherlich auf Krankheitsprocessen, welche mehr oder minder denen des Erwachsenen entsprechen. Selbst durch äußere Einwirkungen können dergleichen krankhafte Mißbildungen erzeugt werden. Man hat mehr oder minder begründete Beispiele, daß durch einen Stoß oder Schlag auf den Unterleib der Fötus mechanische Verletzungen erlitt, oder daß durch eigenthümliche Verhältnisse des Ei's selbst, durch Verwickelungen des Nabelstranges ꝛc., solche mechanische Verletzungen erzeugt wurden. Man hat sogar künstliche Mißbildungen erzeugt, die man durch mechanische Verletzuugen des Embryo's hervorbrachte.

Aus allem diesem geht hervor, daß wir in der ursprünglichen Bildung der Keime und der befruchtenden Flüssigkeit, so wie in den zufälligen Störungen, welche der Fötus während der Entwickelung erleiden kann, Ursachen genug finden zu Mißbildungen der Frucht, und daß wir nicht zu dem alten Irrwahne des Versehens unsere Zuflucht zu nehmen brauchen, um die Entstehung solcher Mißbildungen zu erklären. Wenn alle Frauen, welche während ihrer Schwangerschaft erschrecken oder irgend einen andern unangenehmen Eindruck erleiden, mißbildete Kinder zur Welt bringen müßten, so würden wir wahrhaftig nur Mißgeburten entstehen sehen, und so weit sind wir doch noch nicht gekommen, troß aller Entartung des Menschengeschlechts, welche uns von altem und jungem Unverstand gepredigt wird.

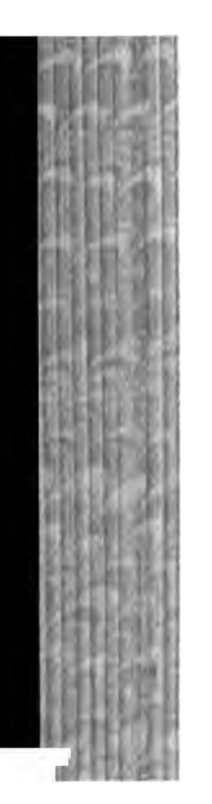
Während in früheren Zeiten man sich mannigfach auf das Anstaunen der abnormen Gestalten, welche die Mißbildungen



bildungen dennoch gewissen Gesetzen gehorcht
besser zu würdigen verstand, je genauer man
geschichte überhaupt in ihren Erscheinungen f
man mit der früheren Entwickelung der Em
wurde, desto mehr lernte man viele Mißbildung
bleiben auf früherer Stufe der Bildung kennen.
Neugeborene sah, bei welchen die Bauchdecke
waren und die Eingeweide bloß lagen, so n
Kenntniß der Entwickelungsgeschichte leicht einz
Bildung einer früheren Zeit angehöre, in welch
normal sich noch nicht in dem Nabel zusammen
Solche und ähnliche Mißbildungen nannte m
bildungen, und begriff darunter alle dieje
welchen eine in früherer Zeit normale Structur
Leibes in abnormer Weise sich länger erhalte
gesetzmäßigerweise zukam. Solche Hemmungsb
deten begreiflicher Weise Thierähnlichkeiten, we
embryonalen Charakteren auftraten, die in n
thieren auch im erwachsenen Zustande sich b
In anderen Fällen hingegen betreffen diese Hem
solche embryonale Charaktere, die niemals b
wickeln, sondern stets nur vorübergehend auftre

vismus angesehen werden, da wir keinen mit Wirbelthieren in Beziehung stehenden Organismus kennen, wo sie bleibend vorhanden wäre und auch keine Wahrscheinlichkeit darauf hinführt, daß diese Bildung irgendwie bleibend dargestellt gewesen sei. Dagegen sind solche Bildungen, wie das Verbleiben von Kiemenspalten am Halse, Wolfsrachen u. s. w. in der That zugleich Atavismen, weil wir niedere Wirbelthiere kennen, wo dieselben bleibend fortexistirten. So ist auch, wie ich nachgewiesen zu haben glaube, jene Hemmungsbildung des Gehirnes, die wir Mikrocephalie nennen, zugleich ein Atavismus, indem sie Bildungszustände des Gehirnes erhält, die bei anderen niederen Wirbelthieren bleibend sich darstellen und von den höher stehenden normal durchlaufen werden.

Daß diese Hemmungsbildungen außerordentlich viele Formen der Mißbildung erklären, unterliegt keinem Zweifel. Indeß muß darauf aufmerksam gemacht werden, daß wir vielleicht keine einzige Hemmungsbildung kennen, welche ganz genau auf dem Punkte stehen bleibt, den sie im Anfange behauptete, sondern daß der in seiner Bildung gehemmte Theil dennoch fast immer in gewisser Richtung sich fortbildet und so einen abnormen Zustand erreicht, der mehr oder weniger von der embryonalen Bildung abweicht. Diese eigenthümliche, gleichsam in schiefer Richtung abweichende Entwickelung der Hemmungsbildungen hat man dann als besondere Art derselben abtrennen wollen, wenn sie einen gewissen Grad erreichte, hat aber dabei übersehen, daß alle möglichen Uebergänge sich finden. So betrachtete man z. B. die oben angeführte Spaltung des Gaumens, den Wolfsrachen, als eine reine Hemmungsbildung, diejenige der Iris hingegen, das sogenannte Colobom, nicht, weil die Iris ursprünglich als ein rundes Gebilde ohne Spalt angelegt werde. Aber die Iris bildet sich erst, nachdem der ursprüngliche Spalt des Auges sich geschlossen hat, und wenn dieser offen bleibt, so kann sie nicht anders, als in Form eines gespaltenen Ringes sich entwickeln. Indem man die Spaltung der Iris als etwas Besonderes, den Wolfsrachen aber als eine reine Hemmungsbildung ansah,



Wenn wir die Existenz von Hemmungsb[...]
können, so ist es uns im Gegentheile nicht [...]
können, auf welchen Ursachen specieller Art d[...]
selben beruhte. Daß sowohl ursprüngliche ab[...]
Keimstoffe, als auch später sich entwickelnde [...]
Hemmungsbildungen hervorrufen können, unte[...]
Zweifel. Warum aber solche allgemeinere U[...]
jenes specielle Organ befallen und in seiner [...]
halten, wissen wir nicht und wird auch vor de[...]
ergründet werden können, als bis man weiß [...]
Erwachsenen eine allgemeine Schädlichkeit [...]
specielle Organ befällt.

Wir haben in dem Vorhergehenden hau[...]
denjenigen Mißbildungen gesprochen, welche i[...]
Individuum, einem einzigen Embryonen vorko[...]
sich dadurch charakterisiren, daß durch Hemmu[...]
zelne Theile derselben eine verkehrte Ausb[...]
haben. Durch irgend einen Zufall oder durch [...]
Anlage des Keimes ist demnach diese qualitati[...]
Entwickelung bedingt. Außer diesen Mißbildu[...]
noch eine andere sehr merkwürdige Classe, welch[...]
dadurch auszeichnet, daß eine quantitative V[...]

gründetste. Wie könnte eine andere Ansicht Raum finden, wenn man Doppelmißgeburten begegnet, welche nur an einem einzelnen Theile ihres Körpers mit einander verbunden sind und im Uebrigen zwei durchaus ausgebildete Körper zeigen? Bei dem Anblicke der siamesischen oder italienischen Zwillinge (Rita-Christina), welche nur durch ein schmales mittleres Band in der Brustgegend mit einander vereinigt waren, dessen Trennung man vielleicht hätte versuchen können, wird es einem Jeden wohl zuerst in den Sinn gekommen sein, an ein zufälliges Zusammenwachsen zweier Embryonen zu denken. Berücksichtigt man aber, daß von der geringsten Vermehrung eines unbedeutenden Organes bis zu der fast vollständigen Trennung der Doppelmißgeburten eine ununterbrochene Kette von Zwischenstufen sich hinzieht, und daß man nirgends in dieser Beziehung einen Haltpunkt finden kann, so gewinnt die Sache ein anderes Ansehen. Es wird wohl Niemand einfallen, in einem überzähligen Finger, welchen ein Kind mit auf die Welt bringt, den Beweis zu sehen, daß dieses Kind aus zwei verschmolzenen Keimen sich gebildet habe, von welchen der eine bis auf einen Finger verschwunden, der andere aber vollständig ausgebildet sei. Von dieser einfachsten aller Verdoppelungen aber läßt sich, wie schon bemerkt, eine fortschreitende Reihe bis zu den siamesischen Zwillingen aufstellen.

Wenn man aus diesen Thatsachen schon vermuthen muß, daß die Doppelmißgeburten nicht durch Verschmelzung zweier Keime, sondern vielmehr durch Theilung und Vermehrung eines ursprünglich einzigen Keimes entstehen, so spricht hierfür außerdem noch ein äußerst wichtiges Gesetz, von welchem man bis jetzt noch keine Ausnahmen kennt. Die Doppelmißgeburten sind nämlich stets mittelst gleichnamiger Theile, Organe und Systeme zusammen verschmolzen. Man hat noch nie eine Doppelmißgeburt gefunden, in welcher z. B. der Kopf an den Bauch oder an den Rücken angewachsen wäre, wo die Bauchfläche des einen Kindes mit der Rückenfläche des andern, oder die Leber des einen mit dem Herzen des andern sich verbunden hätte, sondern stets fand man Kopf an Kopf, Bauch an Bauch, Glied an Glied. Diese

Gesetzmäßigkeit der Verwachsung deutet offenbar darauf hin, man an kein zufälliges Verschmelzen zweier Keime denken k sondern daß vielmehr ein einziger Keim mehr oder minder ständig sich spalte und verdoppele.

Die Doppelmißgeburten sind verhältnißmäßig so selten, man nur äußerst wenige Beobachtungen über unentwickelte bryonen aus frühester Zeit besitzt, bei welchen Doppelbildu sich einleiteten. Man kennt indessen doch eine genauer bes bene Doppelbildung aus dem Anfange des dritten Tages Bebrütung bei dem Hühnerembryo. Beide Embryonen in einem kreuzförmigen Fruchthofe, waren mit dem Kopfe wachsen, während sie nach hinten von einander abstanden das Herz sogar in doppelter Anlage vorhanden war. Der D war einfach und somit nicht daran zu denken, daß zwei K in demselben Ei vorhanden gewesen seien. Eben so hat m neuester Zeit die Erfahrung gemacht, daß in befruchteten H eiern, welche eine Zeit lang zu Wagen transportirt und m Stunden hindurch geschüttelt wurden, sich außerordentlich Doppelmißgeburten erzeugten.

Man hat bis jetzt mehrere unzweifelhafte Fälle beob wo in einem einzigen Graaf'schen Follikel zwei Eier vorh waren. Daß man solche Fälle nicht zur Bildung von D mißgeburten anrufen dürfe, versteht sich aus dem Gesagten von selbst. Denn damit, daß zwei Eier neben einander in selben Follikel eingeschlossen liegen, ist noch nicht gesagt, sie nothwendig mit einander verschmelzen müssen. Es ist haupt kaum denkbar, wie eine solche Verschmelzung ent könne, da das Ei innerhalb des Follikels und während Durchgangs durch den Eileiter von der verhältnißmäßig dicken Zona umhüllt ist, und später, wenn die Zona sich dünnt und in das Chorion umgewandelt hat, die Bildun Embryo schon so weit vorangeschritten ist, daß an eine schmelzung auch nicht gedacht werden könnte. Es dürften mehr solche Fälle eher zur Erklärung von Zwillingsschwa schaften benutzt werden, obgleich auch hier nicht abzusehe

warum eine Zwillingsschwangerschaft nicht eben so gut durch das Platzen zweier Graaf'schen Follikel hervorgebracht werden könne.

Man kennt einige wenige seltene Fälle, in welchen mehr oder minder entwickelte Embryonen innerhalb eines andern Fötus eingeschlossen waren. In dieser Beziehung herrscht kein Gesetz vor. Man fand eingeschlossene Theile oder ganze Embryonen in der Bauchhöhle, in dem Gesäße und an anderen Orten, und gerade diese Gesetzlosigkeit hinsichtlich des einschießenden Ortes scheint darauf hinzuweisen, daß in solchen Fällen wirklich zwei Keime in dem Eie vorhanden waren, von welchen der eine den andern überwucherte und einschloß. Man hat Fälle gesehen, wo in einem Eie zwei Dotter vorhanden waren, von denen der eine meist kleiner und unentwickelter als der andere schien, so daß sich wohl hieraus diese seltenen Fälle von eingeschlossenen Embryonen und dadurch bedingter Doppelbildung erklären ließen.

Es würde zu weit führen, wollten wir hier auf die verschiedenen Formen eingehen, welche die Mißbildungen überhaupt zeigen, und dieselben im Einzelnen zergliedern. Es genügt, auf die allgemeinen Typen derselben aufmerksam gemacht und gezeigt zu haben, daß hauptsächlich die individuelle Anlage des Keimes es ist, welche auf die Hervorbringung von Mißbildungen einen bestimmten, wesentlichen Einfluß äußert. Der mütterliche Organismus zeigt seinen Einfluß hauptsächlich nur insofern, als er eben den Keim in sich erzeugt und ihm dadurch einen gewissen ursprünglichen Stempel aufdrückt, der in seiner ferneren Ausbildung sich erhält. Späterer Einfluß von Seiten der Mutter auf den Fötus ist nur insofern denkbar, als die Blutmischung des mütterlichen Organismus diejenige des Fötus wesentlich verändern und dadurch Krankheiten des Fötus erzeugen kann, die bleibende Mißbildungen verursachen. Allein diese Krankheiten sind anerkanntermaßen nur eine geringe Quelle, aus welcher höchst wenige Mißbildungen hervorgehen, und namentlich nicht diejenigen, welche man als Folgen des Versehens gewöhnlich betrachtet. Die Furcht vor dem Versehen ist deshalb eine total thörichte, und es würde weit besser für die Lehre von den

Dreißigster Brief.

Der Umlauf des Lebens.

Die Entwickelung des Menschen ist bei weitem noch nicht mit dem Augenblicke abgeschlossen, in welchem er durch die Trennung vom mütterlichen Organismus ein selbstständiges Leben beginnt. Dies Leben selbst hat einen bestimmten Cyclus von Erscheinungen, welche es durchläuft; seine Functionen wechseln je nach dem Alter des Organismus. Wir haben bis jetzt, außer der embryonalen Entwickelung, die Functionen des menschlichen Organismus hauptsächlich nur in Beziehung zu dem reifen Lebensalter kennen gelernt, und es liegt uns nun zum Schlusse dieser ganzen Abhandlung noch ob, zu zeigen, wie der Organismus allmählich sich zu der Höhe seiner Functionen erhebt, auf derselben eine längere Zeit stehen bleibt, und dann wieder durch allmähliche Abnahme derselben der Vernichtung, dem Tode entgegeneilt.

Während des Säuglingsalters ist das Kind hauptsächlich auf Ernährung durch den mütterlichen Organismus angewiesen. Die Milch ist überhaupt ihrer Zusammensetzung nach das wahre Ideal eines Nahrungsmittels. So wie das Blut gleichsam den aufgelösten Organismus darstellt, so könnte man die Milch als eine Auflösung des typischen Nahrungsmittels betrachten. Die Milch einer jeden Thiergattung zeigt in ihrer Zusammensetzung eine eigenthümliche Proportion der einzelnen

bildenden Bestandtheile; allein alle Milcharten ohne Ausn
kommen darin überein, daß sie Fett, Zucker, eine Protei
stanz, phosphorsaure und andere Salze enthalten, die n
ihren Verhältnissen wechseln. Wir sehen also, daß die
an und für sich allen Anforderungen genügt, welche wir a
in späterer Zeit zu genießenden zusammengesetzten Nahr
mittel nur machen können. Die fettartigen Bestandtheile
durch die Butter repräsentirt, welche in Form kleiner Küg
in der Milch aufgeschwemmt ist und durch ihre leichte Sch
barkeit äußerst leicht in den Organismus übergeführt w
kann. Der Käsestoff, die einzige Proteïnsubstanz, welche i
Milch sich befindet, ist zugleich die löslichste von allen Pr
substanzen; der Milchzucker diejenige Zuckerart, welche am s
rigsten in Gährung und Zersetzung übergeht. So findet
der Säugling in der ihm gebotenen Muttermilch allen nö
Stoff zur Ernährung seiner Organe, zum Aufbau seiner M
und seines Fettes, und in den aufgelösten Salzen den pho
sauren Kalk, den er zur Ausbildung seiner Knochensu
nöthig hat.

Unter dem Einflusse dieser Ernährung gewöhnt sic
Säugling allmählich an das selbstständige Leben, während z
die einzelnen Functionen sich stärker heranbilden und fest
Die Athmung, welche im Anfange nur noch sehr unvollst
statthatte, kräftigt sich allmählich, und mit dieser Kräft
hält die Entwickelung der Eigenwärme gleichen Schritt. An
wo noch das eirunde Loch und der Botallische Gang offen
kann die Athmung längere Zeit ausgesetzt bleiben, wä
später, wenn diese Communicationsöffnungen sich gesch
haben, das Athembedürfniß in höherem Grad sich zeigt.
halb können auch Kinder, welche scheintodt geboren w
oft nach stundenlanger Aufhebung des Athemprocesses
in's Leben gerufen werden. Das Bedürfniß nach äußere
haltung der Wärme ist bei dieser geringeren Ausbildun
Athmung weit größer, als in späteren Zeiten, weshalb
auch wärmere Bedeckung ein nothwendiges Bedürfniß fü

Säugling ist. Indessen bilden sich verhältnißmäßig die vegetativen Functionen weit schneller und kräftiger hervor, als diejenigen, welche dem Centralnervensysteme untergeordnet sind. Man findet die Erklärung dieses Verhältnisses leicht in der verhältnißmäßig geringeren Ausbildung der Gehirnsubstanz, wenn auch diese selbst, ihrer Menge nach, in dem ersten Kindesalter weit mehr zunimmt, als später; — so sehr, daß das Gehirn eines Säuglings in ersten Lebensjahre fast genau um ebenso viel an Volumen zunimmt, als nach dem ersten Jahre während des ganzen übrigen Lebens. Die Gehirnsubstanz selbst aber ist noch weit flüssiger und breiiger als in späteren Zeiten, die Unterschiede zwischen grauer und weißer Substanz, die Eigenthümlichkeiten der mikroskopischen Elementarbestandtheile bilden sich erst während des Säuglingsalters bestimmter hervor. Die Gewölbtheile namentlich sind bei der Geburt und bei dem Kinde verhältnißmäßig weit weniger entwickelt, als der Hirnstamm, und daraus erklärt sich auch, daß im Anfange die Seelenthätigkeiten weit hinter den specielleren Functionen des Hirnstammes zurückstehen. So bestehen die ersten Bewegungen des Säuglings, wie namentlich das Saugen und Athmen, hauptsächlich aus Reflexbewegungen, die durch innere Bedürfnisse angeregt sind, während den zufälligen, durch äußere Einflüsse bedingten Reflexbewegungen anfangs sogar die bestimmte Combination abgeht. Wir sehen auf bestimmte schmerzhafte Empfindungen auch bei dem Säuglinge Zusammenziehungen der Muskeln, dem Gesetze der Reflexion gemäß, erfolgen. Anfänglich sind diese Bewegungen aber nicht in der zweckmäßigen Weise combinirt, wie es nöthig ist, um die schmerzende Ursache entfernen zu können. Auch für die willkürlichen Bewegungen fehlt anfangs die zweckmäßige Zusammenwirkung. Aus dieser mangelnden Combination, die, wie wir in den Briefen über das Nervensystem gesehen haben, hauptsächlich ein Resultat der öfteren Uebung ist, entspringt denn auch wohl großentheils für den Säugling die Unmöglichkeit, sich auf seinen Gliedern aufrecht zu erhalten, und für das Kind der schwankende und unsichere Gang. Man hat diese Verhältnisse einzig aus der



der hinlänglich beweist, daß die Muskeln sch
Stärke besitzen und daß die Grundlagen des
hörige Kraftentwickelung ertragen können. Ni
kann der Säugling nicht mit Bestimmtheit n
botenen Gegenstande greifen, indem die zu
wegung nöthige Combination der einzelnen
ziehungen ihm unmöglich ist. Der Säugling g
einem Gegenstande, er stellt sich zum Gehen od
in der Art, wie ein mit Krämpfen behaftetes
welchem die Muskeln zwar dem Willen gehor
zu wenig, bald zu viel thun, und dadurch di
der Combination aufheben. In ähnlicher Wei
mit noch gar manchen combinirten Bewegung
Säugling erst nach und nach erlernt. So ka
Augen nach allen Richtungen hin bewegen, w
Fähigkeit fehlt, dieselben auf einen bestimmten
oder mit anderen Worten, nach einer gewisse
zu blicken.

Mit der noch sehr unentwickelten Seelenthä
Stumpfheit der Sinneseindrücke wesentlich zu
Säugling verhält sich hier etwa wie ein Thier,
theilweise Wegnahme der großen Hemisphären

lung der Hemisphären bilden sich denn auch aus der ursprünglichen Stumpfheit allmählich die verschiedenen Seelenthätigkeiten hervor. Die Sinneseindrücke werden nun bewußt empfunden, zu einem Ganzen combinirt und dem Gedächtnisse eingeprägt, die Bewegungen werden ebenfalls bewußt combinirt, und nicht nur ihr Eintritt, sondern auch ihr Maß dem Willen untergeordnet, woraus denn ihre Zweckmäßigkeit sich hervorbildet. Alle diese allmählichen Veränderungen stehen in dem genauesten Wechselverhältnisse mit der fortschreitenden inneren Entwickelung des Gehirnes.

In dem Säuglinge schon zeigen sich die Spuren mancher, sowohl körperlicher als geistiger Anlagen (wie denn diese beiden stets Hand in Hand gehen), die sich erst in späterer Zeit vollständiger und kenntlicher entwickeln. Dieselbe Erscheinung tritt uns hier vor die Augen, welche wir schon in dem Keime verfolgten; wir sehen von Anfang an individuelle Eigenthümlichkeiten durchleuchten, welche durch die Zeugung und Entstehung in den Keim gelegt und von diesem ausgebildet wurden, bis sie im Säuglings- oder Kindesalter hervortreten. So wie die Familienähnlichkeit in dem runden Kindergesichte, an welchem alle vorspringenden Ecken und Leisten weggewischt, alle Züge unter einer schwellenden Fettlage verdeckt sind, erst nach und nach sich ausbildet und materiell kund giebt, so sehen wir auch in den geistigen Fähigkeiten gewisse Familienähnlichkeiten nach uud nach auftauchen, die einen wesentlichen Theil der individuellen Eigenthümlichkeiten ausmachen. Der aufmerksame Beobachter findet schon die Keime dieser Eigenthümlichkeiten bei dem Säuglinge; Mütter von mehreren Kindern wissen sehr wohl, wie das eine von Anfang an leicht reizbar sich zeigte, beständig schrie und weinte, unruhig schlief, ohne krank zu sein, ungemessene Zuneigung zu diesen, unbesiegbare Antipathie gegen jene Personen zeigte, wie derselbe Säugling im Kindesalter wechselnder in seinen Launen war, als die Wetterfahne auf dem Dache, in derselben Minute zehnerlei Anderes wollte, schnell auffaßte und eben so schnell vergaß, in der Schule hundert

Allotria trieb und das Kreuz seiner Lehrer wurde, die ihn
weilten; während der Bruder als Säugling schon den g
Tag schlief oder nur aus Hunger plärrte, sich gleich wohl i
Armen eines jeden Freundes befand, als Kind langsam au
und schwer begriff, aber auch das gehörige Sitzfleisch vo
Natur mitbekommen hatte, um dieser langsamen Auffas
gabe ein Gegengewicht zu geben.

Man wird vielleicht fragen, wie bei diesen ursprüng
Anlagen und der selbstständigen Ausbildung der materiellen
strate der Geistesfunctionen sich ein Einfluß der Erziehung i
lassen könne, während doch die Erfahrung einen solchen un
leglich nachweise. Wir läugnen denselben auch nicht, o
gleich der Ansicht sind, daß er weit beschränkter sei, als
sich gewöhnlich einbildet, und daß namentlich die sogen
Pädagogik oder Erziehungskunst der Schulmeister und Lehre
höchst geringen Einfluß auf die körperliche wie geistige En
lung des Menschen von jeher geübt hat. Der Mensch i
allen anderen ein geselliges Thier, darauf angewiesen, in gr
Gemeinschaften zu leben und in dem Kindesalter durch den
der Nachahmung sich zu dieser Geselligkeit heranzubilden.
halb sehen wir das Kind allmählich nicht nur die äußeren
wohnheiten, sondern auch die geistigen Gewohnheiten des K
annehmen, in welchem es sich befindet; — es gewöhnt si
denselben Ideengang, dieselbe Art von Schlußfolgen, di
Anschauungsweise sämmtlicher Dinge, wie diejenigen sie be
nach welchen es sich modelt. Diese Aufnahme von Anderen
freilich sehr modificirt durch die ursprünglichen Anlagen
Kindes. Je mehr diese den Gewohnheiten des Kreises, in
chen das Kind lebt, entsprechen, desto leichter wird es sich
selben aneignen, indem schon die natürliche Entwickelung
Anlagen zu dieser Annahme hinleitet; im entgegengesetzten
wird es in seiner Entwickelung gehemmt werden, sobald die
wohnheiten und Ansichten der Umgebung seinen Anlagen zu s
entgegen stehen. Deshalb ist das Aufwachsen in der Fa
selbst, in der Gesellschaft der Erzeuger, ein so wesentliches G

derniß zur normalen Entwickelung des Kindes, zur gehörigen Ausbildung derjenigen Anlagen, welche ihm durch die Zeugung von Vater und Mutter eingepflanzt wurden. Aus demselben Grunde aber ist auch die Abschließung in der Familie das vortrefflichste Mittel, um die einseitige Entwickelung der geistigen und körperlichen Eigenthümlichkeiten auf die Spitze zu treiben und dadurch die Rasse zu verderben. Das Leben in der engeren Familie soll die Anlagen zur Reife bringen, welche die Zeugung in das Kind legte; der Umgang mit Andern, mit Andersgesinnten soll die einseitige Entwickelung dieser Anlagen verhindern. Die Isolirung hat sich von jeher gerächt an denjenigen, welche sich dieselbe aufbürdeten, und wenn das unbestreitbare geistige Verkommen des Adels und derjenigen Familien, welche in der Gesellschaft noch höheren Rang einnehmen, einen Grund hat, so ist es sicher dies Verbrechen an der geselligen Natur des Menschen, welches diese bevorzugten Familien durch Isolirung ihrer Kinder im jüngeren Alter begehen.

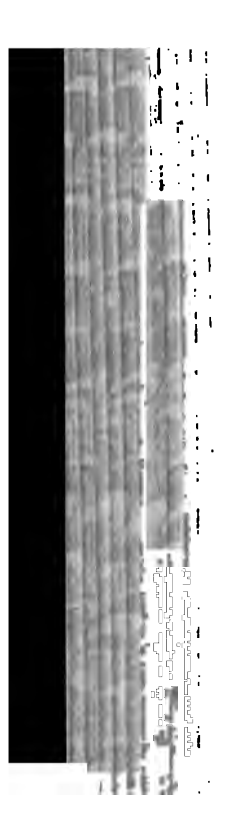
Es ist leicht einzusehen, warum gerade der Umgang, die gewöhnliche Beschäftigung mit diesen oder jenen geistigen Thätigkeiten auch auf dieselben bildend zurückwirkt. Jedes Organ im Körper, sei es welches es wolle, kann durch Uebung gestärkt, vervollkommnet und selbst einseitig ausgebildet werden. Es steht vollkommen in unserer Gewalt, einem sonst gesunden Kinde starke Beine oder starke Arme zu geben, je nachdem wir durch Uebung der Muskeln dieselben stählen. Nicht nur allseitige Ausübung des Muskelkraft, sondern auch jede einseitige Ausbildung dieses oder jenes Muskels, oder einer ganzen Reihe von Muskeln, ist möglich. Dasselbe aber können wir für die inneren Organe erreichen. Wir sind im Stande, durch besondere Nahrung nicht nur Fettablagerung oder Magerkeit zu bewirken, sondern auch einseitige Ausbildung einzelner Organe. Wenn auch diese Versuche nicht bei Menschen gemacht werden, so sind sie doch bei Thieren nicht ungewöhnlich, und wir wissen z. B. recht gut, wie wir eine Gans nähren müssen, um ihre Leber abnorm zu vergrößern. Das Gehirn ist von diesem Gesetze nicht ausgeschlossen;

Melancholie, einen selbstständigen Geist zum Stolze zu leiten. Darin liegt denn auch die Erziehung über die geistige Bildung ausüben k daß man aus physiologischen Principien die M muß, diese oder jene geistige Anlage auszur terielles Substrat einmal vorhanden ist, das sic läßt. Eben so wenig läßt sich einem Kinde oder aufgestülpte Nase erhalten soll, eine Ar Wenn daher Erzieher und Schulmeister sich br Kindern edle Gefühle einflößen könnten, dann Selbstüberschätzung nur mit einem mitleidigen und wenn dies gar während einiger Tagesstund gelegentlich beim Lesen- und Schreibenlernen ist die Behauptung vollends kindisch zu nennen

Eine wesentliche Epoche in dem kindliche jenige, in welcher durch das Hervorbrechen der dende Mensch zu festerer Nahrung angewiese Natur selbst andeutet, daß die Muttermilch ni raschen Wachsthum der Organe hinreicht. Milchzähne weist sicher darauf hin, daß da Fleischnahrung bedarf, das heißt mit anderen

inneren Theile ausbilden. Die Energie der Athemfunction, sowie der verschiedenen Secretionen, steht noch nicht in dem Verhältniß wie später; es werden auch in Beziehung zu dem Körpergewichte weniger Kohlensäure, weniger feste Stoffe in dem Urine entleert, als in dem Mannesalter, aus dem einfachen Grunde, weil Einnahme und Ausgabe nicht mit einander im Gleichgewicht stehen, sondern erstere bedeutend überwiegt und der Körper schnell an Masse und Gewicht zunimmt. Es ist deshalb ein großer Fehler, wenn die Nahrung des Kindes und des wachsenden Jünglings so eingerichtet wird, daß mehr die Athemfunction und die Fettproduction begünstigt wird, als die Assimilirung von Eiweißsubstanzen. Die mehligen Nahrungsmittel, welche hauptsächlich nur Stärke und Zucker dem Organismus zuführen, sind deshalb als Basis der Nahrung für das Kindesalter durchaus zu verwerfen und nur in solcher Menge zu geben, als dies für die Erhaltung der Athemfunction nöthig ist. Dagegen ist ein wesentliches Bedürfniß Zuführung von Kalk und Phosphorsäure in der Nahrung, um das Skelett gehörig ausbilden zu können, das rasch wächst und ohne diese Zufuhr seine Knochensubstanz nicht gehörig ausbilden kann. Die Secretionen des Säuglings und Kindes, besonders der Urin, enthalten keinen phosphorsauren Kalk, wie bei dem Erwachsenen, und die unglücklichen Kinder, welche an der englischen Krankheit, der Rhachitis, leiden und den zur Knochenbildung bestimmten Kalk durch den Harn verlieren, ersetzen diesen Verlust durch Picken und Bohren an Kalkmauern, durch Verschlucken von Mörtel, wozu ein unwiderstehlicher Trieb sie verleitet.

Wenn es Aufgabe der Physiologie ist, zu erforschen, welches die Functionen des Körpers seien, so gehört sicher auch in den Kreis ihrer Beschäftigungen die Untersuchung der Art und Weise, wie diese Functionen gekräftigt und namentlich im unselbstständigen Lebensalter normal eingerichtet werden können. Es erweist sich nun hier als wesentliches Bedürfniß des Kindesalters: thätige Uebung der Muskelkraft in jeder Art und Be-



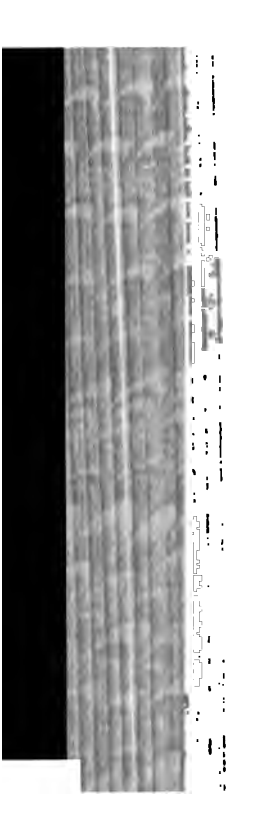
zundungen, sind wesentlich in dieser abnor
Blutes nach dem oberen Theile des Körpers
abnorme Zuleitung begünstigt man aber dur
Bedeckung des Kopfes, Einwickeln und Ein
körpers und, diesem entgegengesetzt, durch En
Man beruft sich auf die Bauernkinder, die se
bloßen Beinen herumlaufen und doch gesund
wahr! Allein sie laufen auch herum, un
Kopfe und oft nur sehr nothdürftig am Kö
stubenhockende Kindergeschlecht aber, das ma
zu Liebe einmal des Tages mit bloßen Bein
das sonst sitzen und wohlerzogen sein muß,
Brust und Hals über und über einhüllt, wie
mal entwickeln?

In geistiger Beziehung herrscht dieselbe U
System, das hier einschnürt und dort unbeded
will unterhalten, es will belehrt sein. Aber es
formen und grammatikalische Schwierigkeiten, d
reizen, sondern die Gegenstände der Außenwelt
der Umgebungen; alle Eindrücke, welche sei
möchte es sich klar machen, ihr Warum? erfor
darüber Auskunft haben. An diese unmittelbar

Sprachkeulen nieder, oder man lenkt ihn auf jämmerliche Nebenwege, die meist nur da sind, um die eigene Unwissenheit zu beschönigen. Daher denn dieser Wahnwitz, die Kinder im sechsten Jahre, im fünften schon Latein anfangen zu lassen; daher dieser Unverstand, der die Naturwissenschaften nicht für bildend hält, sondern ihnen nur den Werth eines Gedächtnißkrames einräumt, den man erst so spät als möglich einpfropfen müsse. Das Kind will wissen, warum es donnert und blitzt, weshalb das Wasser den Berg nicht hinauf fließt, und aus welchem Grunde es heute regnet und morgen die Sonne scheint; statt ihm hierfür Erklärungen zu geben, sagt man : „der liebe Gott hat's gemacht", oder man weist es an seine lateinische Declination.

Der Eintritt der Mannbarkeit bezeichnet den Beginn derjenigen Periode des Lebens, in welcher das Wachsthum des Körpers aufhört, die einzelnen Functionen sich ins Gleichgewicht setzen und, als höchste Blüthe derselben, die Zeugungsfunction ausgeübt werden kann. Jedermann weiß, daß äußere Zeichen diesen Eintritt der Mannbarkeit angeben; bei dem männlichen Geschlechte das Hervorsprossen der Barthaare, die Erweiterung des Kehlkopfes und die daraus bewirkte Aenderung der Stimme. Es unterliegt keinem Zweifel, daß diese mit dem Eintritte der Geschlechtsfunction in dem engsten Zusammenhange steht, weshalb sie bei Castraten nicht erfolgt. Bei dem weiblichen Geschlechte ist es namentlich die Rundung des Busens, welche den Eintritt der Regeln und somit die geschlechtliche Reife ankündigt. Auffallendere äußere Zeichen dieser ersten Ausstoßung von befruchtungsfähigen Eiern fehlen bei dem weiblichen Geschlechte mehr, als bei dem männlichen, da die Stimme, wenn sie auch voller und klangreicher wird, doch nicht jene krähende Uebergangsperiode besteht, wie bei dem Manne.

Es liegt nicht in unserer Absicht, hier längere Schilderungen zu geben von der Veredelung des Geschlechtstriebes durch die Liebe, von dem Einflusse, den die Geschlechtlichkeit überhaupt auf das ganze Leben ausübt. Nicht als ob wir diese Schilde-



hier anzufügen, da man über diese Dinge wei
denkt.

Jeder Organismus beschreibt einen ge
seiner ersten Entstehung bis zu seiner endli
erreicht eine Lebenshöhe, auf welcher seine
meinem Einklange stehen, von welcher er
geht. Diese Lebenshöhe findet sich in sehr u
der zeitlichen Dauer des Organismus überl
nur sehr abwechselnde Länge des Bestand
können Jahrelang als Raupe und Puppe
wenige Tage in vollkommenem Zustande zu
nachher dem Tode verfallen. Hier ist
Lebens ganz an das Ende desselben gerückt.
liegt sie mehr im Anfange. Wer wollte es
den Rankenfüßern z. B. in der Jugend liegt
umherschwimmt, mit Augen versehen ist, ei
Kopf und gegliederte Bewegungsorgane hat,
Thier festsitzt, keinen Kopf, keine Augen und
hat? Man hat in diesem Falle, wo das
sinkt von seiner Höhe, dann aber sich in nie
fortspinnt, von rückschreitender Metamorphose
Thier, jeder Organismus aber hat seine

Wenn hier die Höhe des Lebens schon während der Mannbarkeit vorübergeht, so ist sie dagegen bei dem Menschen mit dieser selbst verknüpft, und beginnt zu sinken, sobald die geschlechtliche Function aufhört. Ob dies früher oder später eintrete, ist vollkommen gleichgültig; die Zahl der Jahre macht hier Nichts zur Sache; wenn man von Thomas Parre erzählt, er habe bis in das 140ste Altersjahr seinen ehelichen Pflichten getreulich nachkommen können, so fing für diesen ganz besonders beglückten Sterblichen das Greisenalter erst nach dieser späten Zeit an. Die Ernährung sinkt während des Greisenalters allmählich; so wie sämmtliche Functionen des Körpers nach und nach in ihrer Energie nachlassen und einer allmählichen Vernichtung entgegen gehen, so sinken auch die Geistesthätigkeiten allmählich von der Höhe der Intelligenz herab. Wenn Lichtenberg von seinem eigenen Greisenalter sagt: „Ich stecke jetzt meine ganze Thätigkeit auf's Profitchen, Kohlen sind noch da, aber keine Flamme. Wenn ich ehedem in meinem Kopfe nach Gedanken und Einfällen fischte, so fing ich immer etwas; — jetzt kommen die Fische nicht mehr so; — sie fangen an, sich auf dem Grunde zu versteinern und ich muß sie heraushauen; zuweilen bekomme ich sie nur stückweise heraus, wie die Versteinerungen von Monte Bolca, und flicke dann aus den Stücken etwas zusammen." — Wenn Lichtenberg das von sich selbst sagt, so malt er damit in wenigen treffenden Zügen die Eigenthümlichkeiten des geistigen Lebens im Greisenalter. Die Zugänglichkeit von außen, wie die Productivität von Innen gehen bei dem Greise zu Grunde, und nach und nach erlischt eine Fähigkeit des Geistes nach der andern, bis dem völligen Stumpfsinne der Tod ein Ende macht.

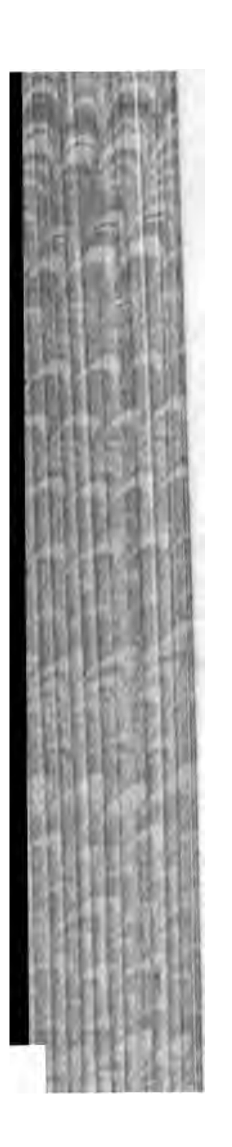
Die Ehrfurcht, welche das Alter jedem sittlich gebildeten Menschen einflößt, hat von jeher verleitet, dasselbe als die höchste Blüthezeit der Intelligenz anzusehen. Wenn man diese Blüthe im Zurücktreten der Leidenschaften, in der Unempfindlichkeit gegen äußere Eindrücke, in dem Mangel höheren Schwunges, in der Flachheit der geistigen Productionen, in dem Widerstande gegen jeden Fortschritt sieht; so mag dem Alter wohl die Weisheit ge-

Einunddreißigster Brief.

Statistische Physiologie.

Dem Geometer, der die Oberfläche der Erde von der Höhe seines absoluten Standpunktes als ein Ganzes betrachtet, verschwinden die Berge und Thäler, die Erhöhungen und Vertiefungen. Eine einzige gleichmäßig gekrümmte Fläche schlingt sich für ihn um den Erdenball herum, an dem riesige Gebirge nur wie winzige Sandkörner erscheinen. Erst als man den Höhepunkt der mathematischen Speculation erklommen hatte, von dem aus die Unebenheiten des Reliefs verschwinden und ein allgemeines Niveau hergestellt wird; erst dann konnte man zu der Abstraction der mittleren Erdgestalt, zu der Berechnung ihrer Durchmesser, ihrer Größe, ihres Volums, zur Bestimmung ihrer astronomischen Verhältnisse zu den übrigen Sternen fortschreiten.

Die Gesellschaft verlangt eine ähnliche Betrachtungsweise. Der Blick des einzelnen Beobachters wird durch die einzelne Thatsache, durch die hervorstechende Persönlichkeit gefesselt; was die Meisten Erfahrung nennen, ist gewöhnlich die Uebertragung solcher einzelner, besonders vorragender und darum auch abnormer und außergewöhnlicher Thatsachen und Individualitäten auf das Ganze der Gesellschaft, die dadurch mit eingebildeten Eigenschaften ausgestattet wird, die ihr in keiner Weise angehören. Wenn es sich aber darum handelt, allgemeine Normen aufzufinden, welche für die Gesellschaft im Ganzen passen, so

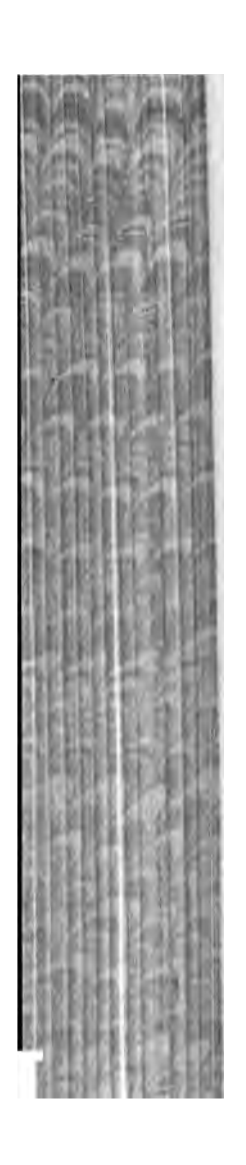


muß man verfahren wie die Geometer und auf
Augenmerk richten. Je größer die Massen, j
Thatsachen, die man vergleicht und aus denen n
zieht, desto mehr verschwinden die Einzelheiten,
die besonderen Eigenthümlichkeiten, und desto meh
werth hervor, der als allgemeines Gesetz sich gelten
Mittelwerth ist freilich eine reine Abstraction –
daß von tausend und aber tausend Factoren, di
setzen, auch nicht ein einziger wirklich genau
stimmt —; aber nichts desto weniger zeigt di
die Linie, um welche herum die sämmtlichen Fac
Nähe sich gruppiren. So kann man denn au
trachtung vieler Individuen, die unter sich wi
in Beziehung auf den Punkt, den man untersu
Mittelzahl für gewisse Werthe erhalten, welche
diesen Werth angiebt. Je mehr Individuen z
Untersuchung dienen, je weiter der Raum ausgeb
sich die Beobachtungen beziehen; desto genauer wi
Mittelzahl sein, desto mehr wird sie dem wirkli
annähern, desto mehr auch für neu hinzukom
Normalzahl darstellen. Der Beobachter z. B.,
Kreis seiner Bekannten benutzen kann, um durc
Körperlänge die mittlere Körpergröße im Alte
Jahren festzustellen, wird weit größeren Irrthü
sein, als Derjenige, welcher die Recrutenlisten ei
gleicht. Der Eine hat vielleicht nur Städtebewo
nur Individuen eines besonderen Standes unte

Rasse größer, als die keltische oder die romanische. Erst Derjenige, welcher die Recrutenlisten sämmtlicher Bewohner der Erde (wenn solche unglücklicher Weise existirten) berechnen könnte, würde die wahre Mittelzahl erhalten : alle übrigen aber nähern sich um so mehr dieser Wahrheit, je größere Mengen sie umfassen.

So geht denn aus solchen Untersuchungen, welche auf die verschiedensten Verhältnisse ausgedehnt werden können, ein idealer Mittelwerth hervor, welchen man den mittleren Menschen genannt hat. Dieser mittlere Mensch hat niemals existirt und wird niemals existiren : er ist eine ideale Größe, ein Mittelwerth, abstrahirt aus dem Einzelnen; aber er ist zugleich die Norm des Menschen in seiner zeitlichen Entwickelung auf der Erde. Wir können bestimmen, wie groß dieser mittlere Mensch in einem gewissen Alter ist, wie oft sein Herz schlägt und seine Lunge athmet, welche Kraft er entwickeln kann, welches Volum, welche Größe seine einzelnen Organe und Theile haben. Dieser mittlere Mensch, so wie er die Norm ist, stellt auch zugleich das ästhetische Ideal dar, in welchem alle Organe gleichmäßig entwickelt sind und in harmonischer Uebereinstimmung sich befinden. Unbewußt meistens wendet man diese Norm auf die Beurtheilung der Darstellungen der menschlichen Gestalt an. Der Maler oder Bildhauer, welcher sich eine Abweichung von der normalen Länge des Armes zu Schulden kommen ließe, die nur ein Zwanzigstel dieser Länge betrüge, würde sicher der Kritik verfallen, und eine bedeutendere Abweichung würde unzweifelhaft einem Jeden als grober Fehler erscheinen.

Der mittlere Mensch geht somit aus der Betrachtung der Gesellschaft in Masse hervor. Seine Beziehungen zu der Gesellschaft, seine Veränderung durch die Gesellschaft, durch die übrigen äußeren Einflüsse, sind Gegenstand derselben Betrachtungsweise. Die Zahl der Geburten und Sterbfälle, der Heirathen und Verbrechen unterliegen ebenfalls einer sicheren, fast unveränderlichen Norm, die von dem jedesmaligen Stande der Gesellschaft, so wie von äußeren, vom Menschen unabhängigen



Einflüssen abhängt. Die Bedingungen des g
Menschen ändern sich vielfach im Laufe der Z
das aus ihnen gezogene Resultat. Die mittler
Verhältnißzahl der Todesfälle und der Gebur
ändert durch Anhäufung der Bevölkerung an
punkten, durch veränderte Lebensweise, verände
änderte Beschäftigung. Mißerndten, kalte Wint
Sümpfe, Ausdünstungen und eine Menge ande
der Menschen unabhängige Agentien können
kungen äußern. Je weiter umfassend in Bez
Raum die Factoren sind, die man in die Bere
mehr verschwinden diese Wirkungen, während
kehrten Falle um so sichtbarer hervortreten.

Nicht nur die rein materielle, auch die gei
Menschen läßt sich in gleicher Weise betrachten
liche Ergebnisse. Freilich sind hier die Sc
Untersuchung größer, da man nur solche
unterwerfen kann, die zu der Gesellschaft selbst
Beziehung stehen und deshalb von dieser auch
einregistrirt werden, wie Verbrechen, Heirathen,
solcher Art, die eine bleibende Spur hinterlassen
aber ist um so glänzender und liefert einen sch
die Wahrheit der Sätze, die wir oben aus de
Seelenthätigkeiten ableiteten. Je mehr scheinbar
von dem freien Willen des Einzelnen abhängen,
sie unter ein in engen Gränzen sich haltende
das dem sogenannten freien Willen seinen kategor

der inneren Zustände, der langsamen Entwickelung der Massen ist eine Aufgabe der neueren Zeit geworden. Diese Seite der Geschichtsforschung sucht zu ergründen, wie sich der mittlere geistige Mensch, der keinen freien Willen besitzt, im Laufe der Zeit entwickelt hat und welchen in der Organisation begründeten Gesetzen diese Entwickelung gefolgt ist. Eine solche Forschung konnte erst dann angebahnt werden, als man die Wichtigkeit der Massenresultate einsehen gelernt hatte.

Verfolgen wir zuerst den mittleren Menschen in seiner individuellen Entwickelung durch das Leben hindurch. Schon bei der Geburt zeigt sich ein Unterschied zwischen beiden Geschlechtern in der Entwickelung des Körpers. Der neugeborene Knabe ist im Allgemeinen um $^1/_{20}$ bis $^1/_{10}$ schwerer und um $^1/_{67}$ bis $^1/_{50}$ länger, als das neugeborene Mädchen. Die neugeborenen Knaben wiegen nämlich im Durchschnitt 3,20 Kilogramm; die neugeborenen Mädchen 2,91 Kilogramm, und die neugeborenen Knaben messen 0,496 Meter, während die neugeborenen Mädchen 0,483 Meter messen. Unmittelbar nach der Geburt nimmt das Kind nur äußerst wenige Nahrung zu sich, und da in den ersten Tagen Ausleerungen bedeutender Mengen von Kindspech erfolgen, so nimmt es an Gewicht in den ersten drei Tagen ab. Dann aber steigt sein Gewicht mit rasender Schnelligkeit, während zugleich die Körperlänge ganz bedeutend zunimmt, so daß am Ende des ersten Jahres das Kind um zwei Fünftel länger geworden ist, als es bei der Geburt war. Das Wachsthum in die Länge erreicht schneller sein Ende, als die Zunahme des Gewichtes, indem ersteres schon zwischen 20 bis 30 Jahren gänzlich vollendet wird, während der Mann das Maximum seines Körpergewichtes um das vierzigste, die Frau dagegen um das fünfzigste Lebensjahr erreicht. Der Mann ist dann 3,37mal länger und wiegt 20mal schwerer als der neugeborene Knabe; die Frau dagegen ist nur 19mal schwerer als das neugeborene Mädchen und nur 3,22mal so lang. Setzt man das Körpergewicht des Neugeborenen gleich 1, so erhält man folgende Zahlen

für die Massenentwickelung des Menschen während sein
dauer :

Jahr	Mann	Weib	Jahr	Mann
0	1,000	1,000	14	12,113
1	2,953	3,021	15	13,631
2	3,544	3,667	16	15,522
3	3,897	4,052	17	16,516
4	4,447	4,467	18	18,078
5	4,928	4,935	20	18,769
6	5,388	5,498	25	19,666
7	5,969	6,028	30	19,891
8	6,488	6,557	40	19,897
9	7,078	7,340	50	19,831
10	7,668	8,083	60	19,357
11	8,469	8,815	70	18,600
12	9,319	10,246	80	18,072
13	10,744	11,320	90	18,072

Man sieht aus dieser Tabelle, daß die Körperm
während in dem Greisenalter sinkt, wenn auch in we
deutendem Verhältniß, als sie während der Jugend zug
hat. Auch die Körperlänge nimmt in dem Greisenalter
ab, nachdem sie von dreißig bis fünfzig Jahren sich
selben Höhe erhalten hat.

Betrachtet man die geistige Entwickelung des
Menschen, so zeigen sich übereinstimmende Resulte
neuerlich bin ich von einem älteren Arzte darauf au
gemacht worden, daß in dem Greisenalter das Volu
Schädels abnimmt, nicht allein, wie man glauben könn
Vertrocknung der Kopfschwarte und Verminderung de
sondern, wie Jener versicherte, durch wirkliche Verkleine
knöchernen Schädels. Kann es verwundern, wenn in
der geistigen Productionen dasselbe Verhältniß stattfi
wenn das Sprüchwort : vieux soldat, vieille bête
auf die übrigen Stände seine Anwendung finden muß
hat die Entwickelung des dramatischen Talents dadurc
machen gesucht, daß man die Productionsjahre der Ho
der englischen und französischen Bühne neben einan

und nach ihrem Werthe classificirte. Die besten Trauerspiele fallen in die Lebensjahre zwischen 30 und 40; die besten Lustspiele zwischen die Jahre 40 und 55; eine Erscheinung, die sich leicht erklärt, wenn man bedenkt, daß zu den Tragödien mehr Pathos, Einbildungskraft, Leidenschaft und Sentimentalität; zu den Lustspielen dagegen größere Menschenkenntniß, längere Beobachtung, kritische Schärfe gehören. Die dramatischen Werke aber, welche nach dem 55. Lebensjahre in England und Frankreich producirt wurden, gehören meistens zu demjenigen Schunde, der der Aufbewahrung nicht werth ist, und verdanken ihre Erhaltung oft nur dem Namen, der durch frühere Leistungen berühmt geworden war. Man kann wohl auch, ohne in derselben Weise, wie Quetelet, genauere Untersuchungen über die deutschen Schriftsteller anzustellen, den Satz auf diese ausdehnen, und somit, auf statistische Gründe gestützt, manchem Dichter ein Halt zurufen. Auch in den übrigen Künsten und Wissenschaften findet man dasselbe Verhältniß wiederholt. Die philosophischen Systeme, welche mächtig in den Gang der Wissenschaften eingriffen, die gewaltigen Umwandlungen, welche von Einzelnen in Religion, Sitten und Gebräuchen hervorgebracht wurden, die großartigen Erfindungen und Verbesserungen, die in Künsten und Gewerben einen Umschwung hervorriefen, gingen und gehen meist von Männern aus, welche das Blüthenalter der körperlichen und geistigen Entwickelung nicht überschritten hatten. Die Thätigkeit des höheren Alters beschränkt sich bei den Bevorzugten auf Sammlung und Ausarbeitung der Entwürfe und der Gedanken, welche in dem jüngeren Alter zuerst gefaßt wurden, während sie bei dem minder Bevorzugten gänzlich zurücksinkt, oder selbst eine verderbliche Richtung einschlägt. So finden wir, daß Newton schon zu 24 Jahren die Differenzialrechnung erfand, im kräftigen Blüthenalter seine darauf basirten Untersuchungen fortsetzend die Theorie der Schwere feststellte, später aber nichtsnutzigen theologischen Kram schrieb, der jetzt längst vergessen ist und seine frühere Thätigkeit förmlich verdammte. Lagrange bearbeitete schon zu 18 Jahren die Variationsrechnung; Raphael hatte in dem

30. Jahre seine sämmtlichen Compositionen ausgearbeitet und Mozart in demselben Lebensalter seine trefflichsten Werke geliefert. Christus, Schelling und Feuerbach können als Beweise desselben Satzes in den philosophischen Wissenschaften, Alexander der Große und Napoleon in der Sphäre der Feldherren, Arkwright und Jacquard in derjenigen der Erfinder dienen. Ueberall begegnen wir demselben Gesetze: daß die geistige Productionsfähigkeit mit der körperlichen erlischt und das höhere Alter demnach hinsichtlich seines Gehirnes eben so abnimmt, wie hinsichtlich seiner übrigen Körperorgane.

In Beziehung auf die Gesellschaft sind die wichtigsten Verhältnisse diejenigen, welche sich auf die Sterblichkeit beziehen. Wir führten schon an, daß in allen größeren Ländern mehr Knaben als Mädchen geboren werden, und daß im Mittel für Europa, so weit man die Bevölkerungslisten vergleichen konnte, 106 Knaben gegen 100 Mädchen geboren werden. Eben so erwähnten wir schon, daß dies Verhältniß hauptsächlich in dem Altersunterschiede der Zeugenden begründet ist, und daß in denjenigen Staaten, wo klimatische oder staatliche Verhältnisse den Mann erst spät zum Heirathen kommen lassen, die Zahl der neugeborenen Knaben auch um so größer ausfällt; deshalb finden wir in Rußland nahezu 109 Knaben auf 100 Mädchen; in Frankreich, den Niederlanden, Oestreich und Preußen etwa die Mittelzahl, in Würtemberg und Rheinpreußen, namentlich aber in England, etwas unter der Mittelzahl, nämlich nur 104 bis 105 Knaben auf 100 Mädchen. Auch erklärt sich aus demselben Umstande die Erscheinung, daß in den legitimen Ehen, zu deren Schließung der Mann sich erst eine gewisse Stellung in der Gesellschaft erobert haben muß, das Uebergewicht der Knaben bedeutender ausfällt, als bei den unehelichen Geburten, zu welchen meistens die Liebe gleichalteriger Zeugenden zusammenwirkt. In dem ersten Jahre schon gleicht sich indeß das Mißverhältniß zwischen den beiden Geschlechtern aus, indem verhältnißmäßig mehr Knaben todtgeboren werden und auch eine

größere Verhältnißzahl männlicher Säuglinge im ersten Lebensjahre stirbt.

In dem ersten Lebensjahre ist die Sterblichkeit am Bedeutendsten. Der Uebergang aus dem fötalen Leben in das Säuglingsleben bedarf einer solchen Menge durchgreifender organischer Veränderungen, der Säugling selbst einer so großen Sorgfalt für die Erhaltung seiner sämmtlichen Functionen, daß es nicht verwundern darf, wenn in den ersten Lebensmonaten in den civilisirten Gegenden etwa $1/_{3}$, in Rußland dagegen mehr als die Hälfte der Neugeborenen dahinstirbt. Hat der Säugling einmal das erste Lebensjahr überschritten, so sind die Gefahren, die ihm drohen, bei weitem verringert, und in einem Alter von 5 Jahren ist das Kind so weit gelangt, daß es am wenigsten ausgesetzt ist. Es ist demnach weit wahrscheinlicher, daß ein Kind von 5 Jahren noch mehr Jahre am Leben bleiben wird, als ein Neugeborenes, das diese kritische Periode noch nicht durchlebt hat. Untersucht man, wie viele Individuen von einer bestimmten Anzahl Geborener in einem gewissen Alter noch am Leben sind, so erhält man Zahlen, die man der Berechnung der wahrscheinlichen Lebensdauer zu Grunde legen kann, eine Berechnung, die besonders für Tontinen, Lebensversicherungsanstalten und ähnliche Unternehmungen von der größten Wichtigkeit ist. Wir geben hier eine Uebersicht der Anzahl von Individuen, welche von 10000 Geborenen zu gewissen Altern noch am Leben sind.

Alter in Jahren	Preußen nach Hoffmann (1826–1834)	Belgien nach Quetelet	Canton Bern nach Schneider
1	7506	7753	7782
10	5310	5826	6982
20	4852	5345	6559
30	4303	4676	6033
40	3748	4089	5446
50	3078	3479	4686
60	2264	2724	3680
70	1242	1702	2096
80	399	587	591
90	51	68	23

Außerordentlichen Einfluß auf die Sterblichkeitsverhältnisse haben die Nebenumstände, die auf äußeren Einwirkungen beruhen. Reichthum oder Armuth stehen hier in erster Linie, namentlich bei dem Kindesalter, das der sorgsamen Pflege bedarf. In Paris hat man bei Vergleichung der Todtenlisten aus den verschiedenen Stadtvierteln gefunden, daß in den wohlhabenden und reichen Quartieren auf 100 Todte 32 Kinder kamen, in den armen Stadtvierteln dagegen unter eben so viel Todten 59 Kinder sich befanden. In Berlin stellte sich das Verhältniß noch erschreckender heraus: — unter 100 Todten aus armen Familien waren 34 Kinder unter 5 Jahren, während für eben so viel Todte aus vornehmen und reichen Familien nicht ganz ein Kind von diesem Alter gerechnet werden konnte. Aber auch in den späteren Lebensaltern macht sich der Einfluß der Armuth geltend, wenn auch in geringerem Grade, da man wohl sagen muß, daß derjenige Organismus, der durch die Gefahren der ersten fünf Jahre sich durchgekämpft hat, eine bedeutende Zähigkeit haben muß. Die ärmsten Stände in Paris, wie Lumpensammler, sterben 10 Jahre früher aus, als die Reichen, von 25—80 Jahren ist ihr Tribut an den Kirchhof verhältnißmäßig weit größer. Nur in demjenigen Lebensalter, wo der Reichthum die Vergeudung aller Jugendkräfte gestattet, ist auch die Sterblichkeit in den höheren Ständen derjenigen der Armen gleich. Der Arme, sagt ein neuerer Schriftsteller, verliert nicht nur viele Annehmlichkeiten, sondern auch eine Reihe von Jahren seines eigenen Lebens und desjenigen seiner Kinder. Der Fluch lastet auf ihm von Anfang bis zu Ende; die Sichel des Todes trifft ihn und seine Nachkommenschaft mit der vollen Schärfe, während die Reicheren nur wie durch Zufall erfaßt werden.

Der Beruf des Menschen, sein Stand und seine Beschäftigung üben den größten Einfluß auf die Dauer des Lebens aus. Diejenigen Stände, welche in eingeschlossenen Räumen oder in jedem Wind und Wetter draußen arbeiten müssen, die nur geringen Verdienst haben und deren Schlaf öfter gestört wird, haben eine geringere Lebensdauer, als diejenigen, bei welchen

weniger Sorge, weniger Arbeit und ungestörter Schlaf, nebst gemäßigtem und freiwilligem Aufenthalt im Freien vorhanden sind. Arbeitslosigkeit ist eine der ersten Bedingungen eines längeren Lebens, weshalb man denn auch in allen Ländern findet, daß die zum Faullenzerleben privilegirten Geistlichen die längste Lebensdauer besitzen, während die Aerzte, deren Nachtruhe häufig gestört wird, überall unter den studirten Ständen die kürzeste Lebensdauer haben. Riecke fand für die studirten Stände Würtembergs, daß katholische Geistliche am längsten leben; — nach ihnen unmittelbar folgen die evangelischen Geistlichen, dann die Staatsdiener, bei welchen freilich die Waagschale für die höheren Stellen günstiger ausfällt, als für die Subalternbeamten. Hierauf kommen die Forstbeamten, dann die mit Stunden überhäuften und schlecht bezahlten Schullehrer und endlich die Aerzte, welche die kürzeste Lebensdauer zeigen. Lombard in Genf zog aus den Todtenregistern von 1796—1830 sämmtliche über 16 Jahr alt Verstorbenen aus und ordnete sie nach den verschiedenen Ständen. Die mittlere Lebensdauer der 8488 Individuen, die er auf diese Weise seiner Berechnung unterzog, betrug 55 Jahre. Ueber diese Mittelzahl hinaus lebten folgende Stände: Zimmerleute, Gerber, Maurer und Uhrmacher 55 Jahre und ein Bruchtheil; Schenkwirthe 56 Jahre; Perückenmacher 57 Jahre; Holzhauer, Kaufleute, Gerichtsdiener und Gießer 59 Jahre; Gärtner und Weber 60 Jahre; Goldarbeiter und Subalternbeamte über 61½ Jahre; Großhändler 62 Jahre; reformirte Geistliche 64 Jahre; Capitalisten 66 Jahre; die höheren Beamten und Syndics der Republik sogar 69 Jahre; woraus man nach den oben festgestellten Grundsätzen über die geistige Entwickelung vielleicht den Schluß ziehen dürfte: daß Genf in der erwähnten Zeit nicht mit außergewöhnlicher Einsicht regiert wurde. Unter der mittleren Lebensdauer von 55 Jahren blieben Bettmacher, Bauern, Graveure, Hufschmiede, Drucker, Schuster, Schneider, Böttger und Aerzte, die höchstens 54 Jahre lebten; Fleischer 53 Jahre; Taglöhner, Uhrgehäusmacher und Kattundrucker 52 Jahre; Fuhrleute und Schreiber 51 Jahre; Bäcker,

schrittes unserer Zeit ansehen, daß in der That die mittlere Lebensdauer in denjenigen Ländern, welche man genauer untersuchen konnte, in den letzten 50 Jahren bedeutend zugenommen hat, so daß man wohl sagen darf, daß die Anstrengungen, die man in dieser Richtung gemacht hat, von günstigem Erfolge gekrönt sind.

Es würde zu weit führen, wollten wir hier noch alle diejenigen Ursachen, die auf das Sterblichkeitsverhältniß Einfluß haben können, wie klimatische Verhältnisse, Noth-, Hunger- und Kriegsjahre, Pest und Seuchen näher in das Auge fassen; — nur das sei uns noch erlaubt hervorzuheben, daß gerade das Unvermeidliche, der Tod, am meisten durch den Willen und die Anstrengungen der Gesellschaft in seinen Resultaten modificirt werden kann, und daß keine Größe der statistischen Physiologie so schwankend und veränderlich, so sehr von äußeren Ursachen, staatlichen und gesellschaftlichen Umständen abhängig ist, als gerade die mittlere Lebensdauer.

Ganz anders verhält es sich, sobald wir die Entwickelung der geistigen Zustände in der Gesellschaft in das Auge fassen. Hier, wo man glauben sollte, daß Alles in den weitesten Gränzen fluctuiren müßte, ziehen sich diese im Gegentheile so enge zusammen, daß es kaum möglich ist, Schwankungen zu constatiren. Quetelet hat in Belgien Untersuchungen über die Resultate der Schulprüfungen angestellt. Während 20 Jahren war es fast immer dieselbe Commission, die mit geringen Personalabänderungen die Prüfungen beurtheilte und die erhaltenen Resultate durch angenommene Zahlen bezeichnete. Die Mittelzahl aus diesen Zahlen giebt einen numerischen Ausdruck für das Wissen des geprüften Individuums und läßt sich mit dem Ausdrucke anderer Individuen vergleichen. Die Mittelzahl aus allen Schülern genommen, ergiebt einen Ausdruck für den Studienwerth im Ganzen, der mit dem anderer Jahre verglichen werden kann. Man hat auf diese Weise gefunden, daß der Einfluß der Professoren auf den Mittelwerth der Leistungen der Schüler ziemlich unbedeutend ist, und daß im Durchschnitt dieser Mittel-

werth in den verschiedenen Jahren nur in sehr engen Gränzen variirt.

Das Heirathen erscheint unter den Handlungen, welche den Staat interessiren, als diejenige, welche am meisten von dem freien Willen abhängt; und man sollte glauben, daß die jährliche Zahl der Heirathen in einem bestimmten Lande je nach den Zeitverhältnissen außerordentlich verschieden sein müsse. Gerade das Gegentheil findet statt. Die Zahl der Todesfälle in Belgien z. B. ist bei weitem nicht so constant, als diejenige der Heirathen. Im Verhältnisse zu der Volkszahl ist diese letztere Zahl genau dieselbe geblieben während 20 auf einander folgenden Jahren. Der Belgier zahlt seinen Tribut regelmäßiger an die Mairie, als an den Todtengräber. Und nicht nur im Allgemeinen hat diese Zahl ihre constante Größe behalten, sondern auch im Verhältniß zum Alter ist sie dieselbe geblieben, und ebenso ist das Verhältniß der Heirathen zwischen Junggesellen und Jungfrauen, Junggesellen und Wittwen, Wittwern und Jungfrauen, Wittwern und Wittwen durchaus dasselbe geblieben. Hätte man gesetzliche Bestimmungen getroffen, wonach nur eine bestimmte Anzahl von Heirathen und nur eine bestimmte Zahl für ein bestimmtes Alter stattfinden sollte : diese Bestimmungen könnten nicht besser eingehalten werden, als jetzt, wo die Heirath ganz in dem freien Willen und der freien Uebereinkunft der Einzelnen begründet ist. Dieselbe Gesetzmäßigkeit wiederholt sich in Hinsicht der Verbrechen, der Verstümmelungen, welche sich die Recruten beibringen, um dem Kriegsdienste zu entgehen, hinsichtlich der Briefbesorgung, indem alljährlich eine bestimmte Anzahl offener Briefe, mit unleserlichen Adressen oder ganz ohne Adresse auf die Post geworfen werden. Alle diese scheinbar so zufälligen oder dem freien Willen des Einzelnen unterworfenen Handlungen haben ihre gesetzmäßige Regelung und ihre bestimmte Verhältnißzahl zu der Gesellschaft, und man darf deshalb gewiß behaupten : daß der freie Wille wohl für den Einzelnen, nicht aber für die Gesellschaft, die Nation, die ganze Menschheit besteht, die nach genau normirten Gesetzen in absoluter Nothwendigkeit sich fort-

bewegt. Diese Gesetze, sowie sie einerseits die individuellen Handlungen beherrschen und ihnen ihren Stempel aufdrücken, werden doch anderseits wieder durch die äußeren Verhältnisse und durch die eigenthümliche Organisation der Völker bedingt. So heirathet der Wallone im Durchschnitt zwei Jahre früher, als der Flamänder, und die verwittweten Personen verheirathen sich bei dem ersten Volk häufiger wieder, als bei dem letzteren. So erreicht der Trieb zum Verbrechen seine größte Höhe in Frankreich im 24., in England im 25., in Belgien im 26. Jahre, während die einzelnen Verbrechen ihr Maximum nach dem Alter der Verbrecher in folgender Ordnung erreichen: Diebstahl, Nothzucht, Schläge und Wunden, culposer Todtschlag, Mord, Vergiftung, endlich Fälschung. Man sieht demnach, daß die gewaltsamen Verbrechen mehr in jüngeren Jahren, die mit gewisser List verbundenen im höheren Lebensalter vorkommen. Auch für den Selbstmord existiren ähnliche Gesetze. Die Neigung dazu entwickelt sich von Kindheit an, nimmt bedeutend im Erwachsenen zu, und wächst beständig, aber langsam, bis zu dem höchsten Greisenalter.

Wir sind am Schlusse unserer Darstellung angelangt, die nur lückenhaft sein konnte auf so weitem Felde, das ohnedem nur mit Unterbrechungen angebaut ist. Möge es gelungen sein, klare Einsicht in oft verwickelte Vorgänge verschafft und Licht, wenn auch nur Streiflicht, über die Natur des Menschen, seine Organisation und seine Functionen geworfen zu haben. „Ich habe mich lange Zeit mit dem Studium der abstracten Wissenschaften beschäftigt," sagte Pascal. „Daß ich so wenig Leute fand, mit denen ich mich darüber unterhalten konnte, war mir befremdend. Als ich das Studium des Menschen begann, sah ich, daß die abstracten Wissenschaften dem Menschen entfernter liegen uud daß ich bei ihrer Verfolgung mehr von meiner ursprünglichen Natur abkam, als Diejenigen, welche diesen Wissen-

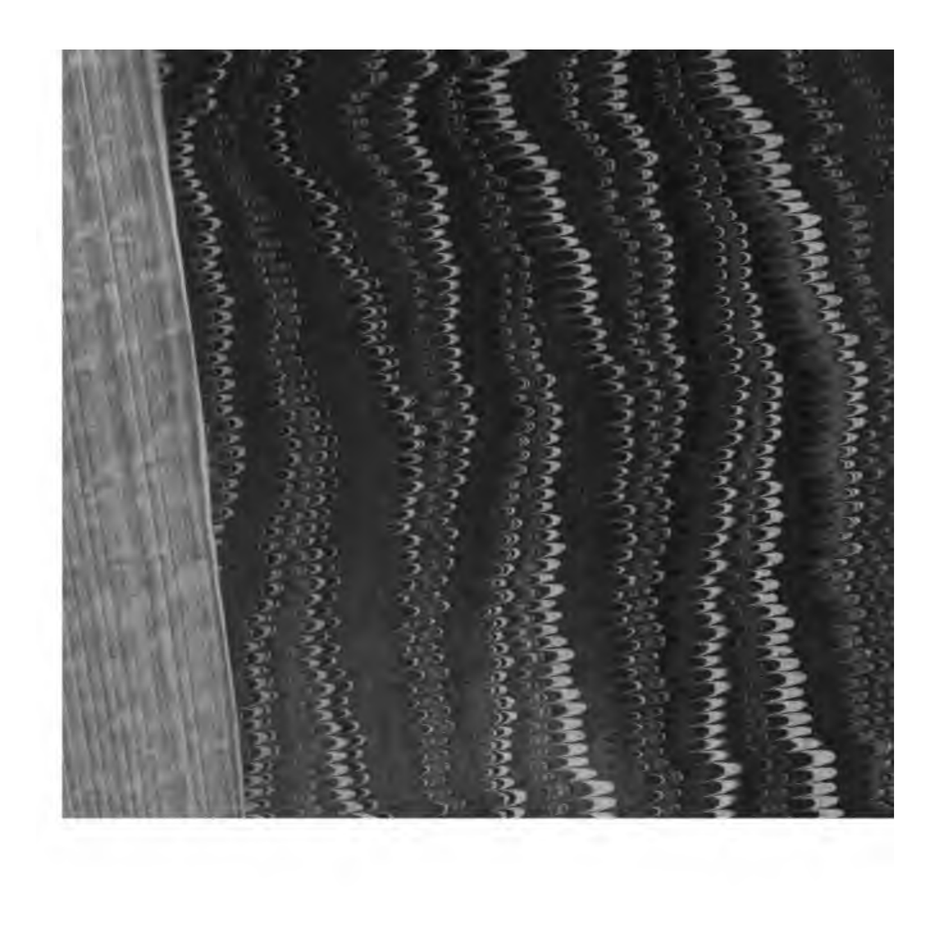
schaften fremd blieben. Ich vergab ihnen. Ich glaubte wenigstens bei dem Studium des Menschen Gefährten zu finden, weil diese Wissenschaft ja den Menschen selbst betrifft. Ich irrte mich. Es giebt noch viel weniger Menschen, welche den Menschen studiren, als Solche, welche Mathematik treiben."

Möge uns dieser Vorwurf stets weniger gemacht werden können.

Druck von Wilhelm Keller in Gießen.

DATE DUE			





DATE DUE			

